

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN
ESPECIALIDAD SONIDO E IMAGEN

Título del proyecto:

DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE UN
ESTUDIO DE GRABACIÓN

Jorge Mariñelarena Apezteguia
Tutor: Carlos Larrondo Guillén
Pamplona, Septiembre 2010





AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Carlos Larrondo su ayuda.





ÍNDICE

CAPITULO I:	13
INTRODUCCIÓN	13
1.1 CONTENIDO DE LA MEMORIA	15
1.1.1 Conceptos teóricos	15
1.1.2 Elección del diseño de la sala de control	15
1.1.3 Presentación del local	15
1.1.4 Soluciones acústicas propuestas	15
1.1.5 Simulación en EASE 4.1	15
1.1.6 Sistemas electroacústicos propuestos	15
1.2 ESTADO DEL ARTE	16
1.3 OBJETIVOS	17
CAPITULO II:	19
CONCEPTOS BASICOS	19
2.1 TEORIA FUNDAMENTAL [1]	21
2.1.1 Onda acústica aérea	21
2.1.2 Presión acústica	21
2.1.3 Frecuencia	21
2.1.4 Frecuencias preferentes	21
2.1.5 Frecuencia fundamental	21
2.1.6 Sonido	21
2.1.7 Armónico	21
2.1.8 Octava	22
2.1.9 Ruido	22
2.1.10 Espectro de frecuencias	22
2.1.11 Ruido blanco y rosa	22



2.1.12 Potencia acústica	22
2.1.13 Intensidad acústica	22
2.1.14 Nivel de presión acústica.....	22
2.1.15 Nivel de intensidad acústica	23
2.1.16 Nivel de potencia acústica	23
2.1.17 Composición de niveles	23
2.1.18 Tono	24
2.1.19 Timbre.....	24
2.1.20 Sonoridad	24
2.1.21 Nivel de sonoridad	24
2.1.22 Escala ponderada A de niveles, decibelio A	24
2.1.23 Coeficiente de absorción	24
2.1.24 Absorción acústica.....	25
2.1.25 Reverberación	25
2.1.26 Tiempo de reverberación.....	25
2.1.27 Resonadores	26
2.1.28 Materiales porosos.....	26
2.2 ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO	26
2.2.1 Aislamiento acústico de un elemento constructivo	26
2.2.2 Aislamiento acústico bruto de un local respecto a otro	26
2.2.3 Aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo.....	27
2.2.4 Aislamiento acústico en dBA	27
2.2.5 Aislamiento de un elemento constructivo simple.....	27
2.2.6 Frecuencia de coincidencia	27
2.2.7 Aislamiento global de elementos constructivos mixtos.....	28
2.2.8 Nivel de ruido de impacto normalizado Ln.....	29
2.3 PARAMETROS ACUSTICOS	29



2.3.1 Tiempo de reverberación.....	29
2.3.2 Articulation Loss / %Alcons	31
2.3.3 RASTI Y STI.....	31
2.3.4 Claridad musical C80	32
2.3.5 Nivel de presión sonora (SPL)	32
2.3.6 Ct	32
2.3.6.1 Claridad de la voz (C50).....	33
2.3.6.2 Claridad musical (C80)	33
2.3.7 Ratio D/R	34
2.3.8 ITD Gap	34
2.3.9 Tiempo de llegada.....	34
2.3.10 Distancia crítica.....	34
2.4 DIFUSORES R.P.G.	35
2.4.1 Los difusores Q.R.D.....	35
2.4.1.1 Unidimensionales	35
2.4.1.2 Bidimensionales.....	38
CAPITULO III:	39
ELECCIÓN DEL DISEÑO DE LA SALA DE CONTROL	39
3.1 TIPOS DE DISEÑOS DE SALAS DE CONTROL	41
3.1.1 Sala Rettinger.....	41
3.1.2 Sala Non Environment	41
3.1.3 Sala LEDE.....	43
3.1.4 Sala Hibrida (Ishi y Mizutoni)	45
3.1.5 Sala Jensen	46
3.1.6 Sala Toyoshima	47
3.1.7 Sala BBC	47



3.2 ELECCION DEL DISEÑO DE LA SALA DE CONTROL	49
 CAPITULO IV:.....	51
PRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL LOCAL.....	51
4.1 PRESENTACION DEL LOCAL	53
4.2 DISTRIBUCION Y OPTIMIZACION DE LA SUPERFICIE	54
 CAPITULO V:	57
SOLUCIONES ACUSTICAS PROPUESTAS.....	57
5.1 AISLAMIENTO ACUSTICO	59
5.1.1 Paredes y suelo	59
5.1.2 Techo.....	60
5.1.3 Puertas correderas de PVC	61
5.1.4 Ventana doble de PVC	62
5.1.5 Puertas acústicas	62
5.1.6 Más detalles de aislamiento	63
5.2 ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO DE LA SALA DE CONTROL.....	64
5.3 ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO DE LA SALA DE GRABACION.....	66
 CAPITULO VI:.....	69
SIMULACION EASE 4.1.....	71
6.1 MATERIALES DE CONSTRUCCION UTILIZADOS	72
6.2 POSICION DE LOS ALTAVOCES EN LA SALA DE CONTROL	79
6.2.1 Nivel de presión sonora introducido en los altavoces para la simulación	81
6.2.2 Directividad de los altavoces.....	81
6.3 POSICION DEL ALTAVOZ EN LA SALA DE GRABACIÓN.....	82
6.3.1 Nivel de presión sonora introducido en el altavoz para la simulación.	83



6.3.2 Directividad del altavoz	83
6.4 SIMULACION DE LA SALA DE CONTROL	84
6.4.1 Tiempo de reverberación.....	84
6.4.2 Simulación en las caras de la sala	86
6.4.2.1 SPL directo	86
6.4.2.2 SPL total	87
6.4.2.3 %ALCons	89
6.4.2.3 STI/Rasti.....	91
6.4.2.4 ITD Gap.....	92
6.4.2.5 Distancia crítica	94
6.4.2.6 C50.....	94
6.4.2.7 C80.....	96
6.4.2.8 Relación D/R	97
6.4.2.9 Tiempo de llegada	99
6.4.3 Simulación en la posición del ingeniero	100
6.4.3.1 SPL directo	100
6.4.3.2 SPL total	100
6.4.3.3 %ALCons	101
6.4.3.4 STI/Rasti.....	102
6.4.3.5 ITD Gap.....	102
6.4.3.6 C50.....	103
6.4.3.7 C80.....	103
6.4.3.8 Relación D/R	104
6.5 SIMULACION DE LA SALA DE GRABACIÓN	105
6.5.1 Tiempo de reverberación.....	105
6.5.2 SPL directo.....	106
6.5.3 SPL total	106



6.5.4 %ALCons.....	108
6.5.5 STI/Rasti	109
6.5.6 Distancia crítica.....	110
6.5.7 C50.....	110
6.5.8 C80.....	112
6.5.9 Relación D/R	113
 CAPITULO VII:	 115
SISTEMAS ELECTROACUSTICOS	117
7.1 MICRÓFONOS Y CAJAS DE INYECCIÓN.	117
7.2 TARJETA DE SONIDO	127
7.3 MESA DE MEZCLAS	127
7.4 MONITORES DE ESTUDIO	129
7.5 MATERIAL PARA EL CONEXIONADO	131
7.5.1 Panel de conexión	131
7.5.2 Cableado	132
7.5.3 Conectores.....	133
7.6 SOPORTES DE MICROFONOS.....	134
7.7 AURICULARES.....	134
7.8 AMPLIFICADOR DE AURICULARES.....	135
7.9 AMPLIFICADOR PARA MONITORES DE ESTUDIO	136
 CAPITULO VIII:.....	 137
PRESUPUESTOS	137
 CAPITULO IX:.....	 145
CONCLUSIONES FINALES Y LINEAS FUTURAS.....	147



9.1 CONCLUSIÓN	147
9.1.1 Conclusiones sobre el aprendizaje.....	147
9.1.2 Distribución del estudio de grabación.....	147
9.1.3 Conclusión sobre la sala de control y sala de grabación.	147
9.1.4 Materiales electroacusticos	149
9.2 LÍNEAS FUTURAS	150
 BIBLIOGRAFIA.....	 153
 PLANOS	 155





CAPITULO I:

INTRODUCCIÓN





1.1 CONTENIDO DE LA MEMORIA

La memoria se divide en seis grandes bloques

- Conceptos teóricos
- Elección del diseño de la sala de control
- Presentación del local
- Soluciones acústicas propuestas
- Simulación en EASE 4.1
- Sistemas electroacústicos propuestos

1.1.1 Conceptos teóricos

Definiciones y descripción de conceptos teóricos relacionados con la acústica.

1.1.2 Elección del diseño de la sala de control

En este apartado se explica brevemente varios diseños de salas de control utilizadas en los estudios de grabación profesionales. Finalmente se presenta el tipo de sala que se va a escoger y diseñar.

1.1.3 Presentación del local

Se presentan los planos para ver las dimensiones y forma del local antes de la construcción. Posteriormente se presenta la distribución y optimización del espacio utilizado con el diseño de las diferentes salas del estudio de grabación.

1.1.4 Soluciones acústicas propuestas

Apartado en el que se describen las soluciones adoptadas para el aislamiento acústico y acondicionamiento acústico de las salas del estudio de grabación.

1.1.5 Simulación en EASE 4.1

Se realiza la simulación de las salas del estudio de grabación en el programa EASE 4.1. En esta parte del proyecto se simulan los diferentes parámetros acústicos que poseen las salas del estudio de grabación y así ver sus características acústicas.

1.1.6 Sistemas electroacústicos propuestos

Se completa el proyecto con la introducción del material electroacústico. Se proponen una serie de micrófonos, altavoces, mesa de sonido, tarjetas de sonido, etc.



1.2 ESTADO DEL ARTE

Dentro del proceso de producción de un álbum musical intervienen muchas personal que abarcan un campo muy grande: músicos, productores, compositores, ingenieros, etc. Las competencias que desempeñan cada una de estas personas son muy diferentes pero todos tienen un mismo denominador común, la música.

A lo largo de la historia se ha visto una evolución y aumento del número de estudios de grabación en todo el mundo. Hace unos años eran minoritarios los estudios de grabación, y por supuesto sólo eran posibles para grandes producciones musicales. Hoy en día el número de estudios “*semi-profesionales*” ha crecido mucho por lo que la especificación se empieza a notar. Existen estudios de grabación que se dedican a un estilo musical en concreto, a producciones de bajo coste, a tareas específicas dentro del entorno de audio, etc.

Debido a la distribución de música por internet, la industria discográfica no se encuentra en uno de sus mejores momentos, pese a este suceso existen cada día más grupos musicales por lo que la demanda de estudios de grabación va en aumento, y por consiguiente la competencia también. Por este motivo quien más preparado esté, y más y mejor se haya especializado, más probabilidades de éxito tendrá. Se va a demostrar entonces que el diseño de un estudio de grabación es una tarea y un arte que para realizarlo se requiere de ingenieros preparados y especializados en dicho arte.



1.3 OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es realizar la simulación de construcción de un estudio de grabación. La simulación se realiza sobre un local real ya que en un futuro es posible que se llegue a construir.

Para poder llevar a cabo este objetivo principal, se plantean varios objetivos específicos:

- Estudiar en profundidad de las etapas de construcción de un estudio de grabación.
- Familiarizarse con el software de simulación acústico EASE 4.1.
- Estudiar de los parámetros más importantes que influyen en la acústica de un estudio de grabación.
- Seleccionar y ubicar materiales absorbentes y difusores para conseguir un tiempo de reverberación y grado de difusión adecuado en cada sala.
- Determinar y seleccionar los equipos necesarios para su implementación.
- Hacer un análisis económico para determinar el presupuesto necesario.

Se proporcionan soluciones para un buen aislamiento y acondicionamiento acústico de las diferentes salas propuestas en el proyecto, explicando que materiales se deben utilizar tanto de construcción como de acondicionamiento acústico.

Se completa el proyecto introduciendo todo el material electroacústico e informático necesario para que el estudio de grabación realice cualquier trabajo que se le exija.





CAPITULO II:

CONCEPTOS BASICOS





2.1 TEORIA FUNDAMENTAL [1]

2.1.1 Onda acústica aérea

Es una vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones.

2.1.2 Presión acústica

Símbolo: P

Unidad: Pascal Pa ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$)

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto determinado, en presencia de una onda acústica, y la presión estática en el mismo punto.

2.1.3 Frecuencia

Símbolo: f

Unidad: hercio Hz

Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un tiempo de un segundo. Es equivalente al inverso del periodo.

2.1.4 Frecuencias preferentes

Son las indicadas en la Norma UNE 74.002-78, entre 100 Hz y 5.000 Hz. Para bandas de octava son: 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. Para tercios de octava son: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 y 5000 Hz.

2.1.5 Frecuencia fundamental

Es la frecuencia de la onda senoidal, componente de una onda acústica compleja, cuya presión acústica, frente a las restantes ondas componentes, es máxima.

2.1.6 Sonido

Es la sensación auditiva producida por una onda acústica. Cualquier sonido complejo puede considerarse como resultado de la adición de varios sonidos producidos por ondas senoidales simultáneas.

2.1.7 Armónico

Recibe el nombre de sonido armónico, de otro dado, el que tiene una frecuencia múltiplo de la frecuencia de éste. Todo sonido complejo puede considerarse como adición de un sonido fundamental, caracterizado por la frecuencia fundamental, y diversos sonidos armónicos.



2.1.8 Octava

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior.

2.1.9 Ruido

Es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias fundamentales diferentes. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana.

2.1.10 Espectro de frecuencias

Es una representación de la distribución de energía de un ruido en función de sus frecuencias componentes.

2.1.11 Ruido blanco y rosa

Son ruidos utilizados para efectuar las medidas normalizadas. Se denomina ruido blanco al que contiene todas las frecuencias con la misma intensidad. Su espectro en tercios de octava es una recta de pendiente 3 dB/octava. Si el espectro, en tercios de octava, es un valor constante, se denomina ruido rosa.

2.1.12 Potencia acústica

Símbolo: W

Unidad: vatio W

Es la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente determinada.

2.1.13 Intensidad acústica

Símbolo: I

Unidad: vatio por metro cuadrado W/m^2

Es la energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas.

2.1.14 Nivel de presión acústica

Símbolo: L_p

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_p = 20 \log P / P_0$$



Dónde: P es la presión acústica considerada, en Pa.

P_0 es la presión acústica de referencia que se establece en $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

2.1.15 Nivel de intensidad acústica

Símbolo: L_i

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_i = 10 \log I / I_0$$

Dónde:

I es la intensidad acústica considerada, en W/m^2

I_0 es la intensidad acústica de referencia, que se establece en 10^{-12} W/m^2

2.1.16 Nivel de potencia acústica

Símbolo L_w

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_w = 10 \log W / W_0$$

Donde:

W es la potencia acústica considerada, en W

W_0 es la potencia acústica de referencia, que se establece en 10^{-12} W.

2.1.17 Composición de niveles

Cuando los distintos niveles L_i a componer proceden de fuentes no coherentes, caso habitual en los ruidos complejos, el nivel resultante viene dado por la siguiente expresión:

$$L = 10 \log (\sum_i 10^{(L_i/10)})$$

Donde:

L_i es el nivel de intensidad o presión acústica del componente i en dB.



2.1.18 Tono

Es una caracterización subjetiva del sonido o ruido que determina su posición en la escala musical. Esta caracterización depende de la frecuencia del sonido, así como de su intensidad y forma de onda.

2.1.19 Timbre

Es una caracterización subjetiva del sonido que permite distinguir varios sonidos del mismo tono producidos por fuentes distintas. Depende de la intensidad de los distintos armónicos que componen el sonido.

2.1.20 Sonoridad

Es una caracterización subjetiva del sonido que representa la sensación sonora producida por el mismo a un oyente. Depende fundamentalmente de la intensidad y frecuencia de sonido.

2.1.21 Nivel de sonoridad

Se dice que el nivel de sonoridad de un sonido o de un ruido es de n fonios cuando, a juicio de un oyente normal, la sonoridad, en escucha binaural, producida por el sonido o ruido es equivalente a la de un sonido puro de 1000 Hz continuo, que incide frente al oyente en forma de onda plana libre, progresiva y cuyo nivel de presión acústica es n dB superior a la presión de referencia P_0 .

2.1.22 Escala ponderada A de niveles, decibelio A

Escala de medida de niveles que se establece mediante el empleo de la curva de ponderación A, incluida en la Norma UNE 21-314-75, para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

Se utiliza como unidad el decibelio A, dBA.

En el margen de frecuencias de aplicación de esta Norma, la curva de ponderación A viene definida por los siguientes valores (Tabla 2.1):

Frecuencia(Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1K	1,25K	1,6K	2K	2,5K	3,15K	4K	5K
Ponderación (dBA)	19,1	16,1	13,4	10,9	8,6	6,6	4,8	3,2	1,0	0,8	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5

Tabla 2.1. Ponderación A

2.1.23 Coeficiente de absorción

Símbolo: α

Es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material, por unidad de superficie.



2.1.24 Absorción acústica

Símbolo: A

Unidad: metro cuadrado, m².

Es la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora atraviesa un medio determinado o en el choque de la misma con las superficies límites del recinto.

Puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

$$A_f = \alpha_f \cdot S$$

$$A = \alpha_m \cdot S$$

Donde:

A_f es la absorción para la frecuencia f en m².

A es la absorción media en m².

α_f es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia f .

α_m es el coeficiente medio de absorción del material.

S es la superficie del material, en m².

2.1.25 Reverberación

Es el fenómeno de persistencia del sonido en un punto determinado del interior de un recinto, debido a reflexiones sucesivas en los cerramientos del mismo.

2.1.26 Tiempo de reverberación

Símbolo: T

Unidad: segundo s

Es el tiempo en el que la presión acústica se reduce a la milésima parte de su valor inicial (tiempo que tarda en reducirse el nivel de presión en 60 dB) una vez cesada la emisión de la fuente sonora. En general es función de la frecuencia. Puede calcularse con cierta aproximación, mediante la siguiente expresión:

$$T = 0,163 V/A$$

Donde:

V es el volumen del local, en m³.



A es la absorción del local. en m^2 .

2.1.27 Resonadores

Son dispositivos absorbentes de acción preferente en bandas estrechas de frecuencias alrededor de una frecuencia de resonancia f_r , para la cual la absorción es máxima.

2.1.28 Materiales porosos

Materiales absorbentes de estructura alveolar, granular, fibrosa, etc., que actúan por degradación de la energía mecánica en calor, debida al rozamiento del aire con las superficies del material. Su coeficiente de absorción crece con la frecuencia.

2.2 ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO

2.2.1 Aislamiento acústico de un elemento constructivo

Símbolo: a

Unidad: decibelio, dB

En general es función de la frecuencia.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$a = 10 \log I_i / I_T = L_{Ii} - L_{IT}, \text{ en dB}$$

Dónde:

I_i es la intensidad acústica incidente.

I_T es la intensidad acústica transmitida.

L_{Ii} es el nivel de intensidad acústica incidente.

L_{IT} es el nivel de intensidad acústica transmitida.

2.2.2 Aislamiento acústico bruto de un local respecto a otro

Símbolo: D

Unidad: decibelio dB

Es equivalente al aislamiento acústico específico del elemento separador de los dos locales. Se define mediante la siguiente expresión:



$$D = LI1 - LI2, \text{ en dB}$$

Dónde:

LI1 es el nivel de intensidad acústica en el local emisor.

LI2 es el nivel de intensidad acústica en el local receptor.

2.2.3 Aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo

Símbolo: R

Unidad: decibelio dB

Aislamiento de un elemento constructivo medido en laboratorio en condiciones señaladas en la Norma UNE 74-040-84 (3). Se define mediante la siguiente expresión:

$$R = D + 10 \log (S/A) = LI1 - LI2 + 10 \log (S/A), \text{ en dB}$$

Donde:

S es la superficie del elemento separador, en m²

A es la absorción del recinto receptor, en m²

2.2.4 Aislamiento acústico en dBA

Es la expresión global, en dBA, del aislamiento acústico normalizado R.

2.2.5 Aislamiento de un elemento constructivo simple

El aislamiento específico de un elemento constructivo es función de sus propiedades mecánicas, y puede calcularse aproximadamente por la ley de masa, que establece que la reducción de intensidad acústica a través de un determinado elemento es función del cuadrado del producto de la masa unitaria m por la frecuencia considerada f.

$a \approx (f \cdot m)^2$ ecuación que expresada en decibelios se transforma en: $a \approx 10 \log (f \cdot m)^2$.

De donde se deduce que para una frecuencia fija, el aislamiento aumenta en 6 dB cuando se duplica la masa. Análogamente, para una masa dada, el aislamiento crece 6 dB al duplicar la frecuencia.

2.2.6 Frecuencia de coincidencia

Lo expuesto en el epígrafe anterior se obtiene a partir de un modelo físico simplificado, formado por masas independientes, mientras que en la realidad la naturaleza elástica de los elementos entraña la correspondiente ligazón entre las masas. En una zona de frecuencias determinada en torno a la que se denomina frecuencia de



coincidencia f_c , la energía acústica incidente se transmite a través de los paramentos en forma de ondas de flexión, que se acoplan con las ondas del campo acústico produciéndose una notable disminución del aislamiento. La frecuencia de coincidencia f_c se define mediante la siguiente expresión:

$$f_c = \frac{6.4 \cdot 10^4}{d} \sqrt{\frac{e(1 - \sigma^2)}{E}}$$

Dónde:

d es el espesor del paramento, en m

e es la densidad del material del paramento en kg/m^3

σ es el coeficiente elástico de Poisson del material. E es el módulo de elasticidad de Young del material, en N/m^2

2.2.7 Aislamiento global de elementos constructivos mixtos.

En el campo de la edificación es normal la presencia de elementos formados por elementos constructivos distintos, caracterizados por aislamientos específicos muy diferentes entre sí. El aislamiento acústico del elemento debe ser estudiado, en este caso, desde un punto de vista global, contemplando las áreas de los distintos elementos y sus aislamientos específicos. El aislamiento acústico global a_g de un elemento mixto puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$a_g = 10 \cdot \log \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{a_i/10}}}$$

Dónde:

S_i es el área del elemento constructivo i , en m^2 .

a_i es el aislamiento específico del elemento constructivo de área S_i en dB.

En el caso más sencillo de un cerramiento con ventana, de áreas S_c y S_v y de aislamientos a_c y a_v correspondientes respectivamente a las partes ciegas y de ventana, aplicando la expresión anterior se obtiene:

$$a_g = 10 \cdot \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{a_c/10}} + \frac{S_v}{10^{a_v/10}}}$$



Según esto el aislamiento global de un elemento constructivo mixto es como máximo 10 dB mayor que el del elemento constructivo más débil desde el punto de vista acústico, por lo que en el caso de fachadas será preciso, para mejorar el aislamiento acústico, mejorar el aislamiento de las ventanas frente al de las partes ciegas.

En cualquier caso, es de resaltar como problema específico de los parámetros, el problema que generan las holguras y las rendijas de las carpinterías, ya que pueden causar disminuciones de aislamiento del orden de 3 a 5 dB y cuyo único tratamiento son las bandas de estanquidad y los resaltes. Igualmente importante es la disminución de aislamiento que se produce por causa de las rendijas que aparecen en cerramientos con persianas enrollables exteriores, que se cifra en 5 dB, y cuyo refuerzo debe hacerse minimizando estas rendijas, colocando bandas de estanquidad, reforzando la estructura de la caja, y añadiendo un tratamiento absorbente en el interior.

2.2.8 Nivel de ruido de impacto normalizado L_n

Es el nivel de ruido producido por la máquina de impactos que se describe en la Norma UNE 74-040 84 (6), en el recinto subyacente.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$L_n = L + 10 \log (A/10)$$

Donde:

L es el nivel directamente medido en dB.

A es la absorción del recinto en m^2 .

2.3 PARAMETROS ACUSTICOS

2.3.1 Tiempo de reverberación

Tiempo que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en el que el nivel de presión sonora NPS cae 60 dB con respecto a su valor inicial para una frecuencia determinada.

Con independencia de la fórmula utilizada para el cálculo, el valor más representativo del tiempo de reverberación es el denominado RT_{mid} , que se obtiene como promedio de los valores correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 kHz:

$$RT_{mid} = \frac{RT(500 \text{ Hz}) + RT(1 \text{ kHz})}{2} \quad (\text{en s})$$

RT Sabine:

$$RT = \frac{0,161 V}{A_{\text{tot}} + 4mV} \quad (\text{en s})$$

Donde:

V = volumen del recinto (en m^3)

$A_{\text{tot}} = \alpha S_{\text{tot}}$ = absorción total del recinto (en sabins)

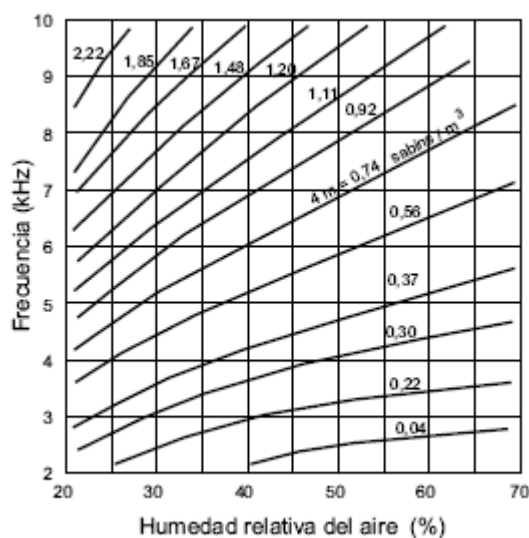
$\alpha = \frac{\sum_i \alpha_i S_i}{S_{\text{tot}}}$ = coeficiente medio de absorción del recinto

α_i = coeficiente de absorción de la superficie “i”

S_i = área de la superficie “i” (en m^2)

$S_{\text{tot}} = \sum_i S_i$ = superficie total del recinto (en m^2)

m = constante de atenuación del sonido en el aire (en m^{-1})



RT Norris-Eyring:

$$RT = \frac{0,161 V}{-\ln(1-\alpha) S_{\text{tot}} + 4mV} \quad (\text{en s})$$

Los símbolos anteriores coinciden con los del apartado anterior.

En la tabla 2.2 se observan los valores recomendados según Antoni Carrión:

TIPO DE SALA	RT_{mid} , SALA OCUPADA (EN s)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Tabla 2.2 valores recomendados según Antoni Carrion.



2.3.2 Articulation Loss / %ALcons

%ALcons es la abreviatura de las siglas de “*Articulation Loss of Consonants*” y representa el porcentaje de pérdida de la articulación de las consonantes. Término definido por el holandés *V.M.A. Peutz*, que realizó una serie de experimentos en distintas salas, basados en encuestas realizadas a un conjunto de espectadores. A partir de esto *V.M.A Peutz* desarrolló unas fórmulas para medir la inteligibilidad:

$$\%ALcons = \frac{200 \cdot r^2 \cdot RT^2}{V \cdot Q} \quad \text{si } r \leq 3,16 \text{ Dc}$$

$$\%ALcons = 9 \cdot RT \quad \text{si } r > 3,16 \text{ Dc}$$

Valor representativo el de la banda de octava centrada en 2 KHz.

W. Anhert y *H. P. Tennhart* hacen la siguiente clasificación en la tabla 2.3:

Valor %ALcons	Inteligibilidad de la palabra
0 – 3	Ideal
3 – 8	Muy buena
8 – 11	Buena
11 – 20	Pobre
20 – 100	Inaceptable

Tabla 2.3 Clasificación según *Anhert* y *H.P. Tennhart* sobre el %ALcons.

Articulation Loss / %ALcons es el % medio de la pérdida de la articulación de constantes de las consonantes de un oyente. Cuanto más cerca esté el oyente de la fuente la inteligibilidad será mayor. Lo mismo ocurre cuanto menor sea el TR.

Valores según EASE:

0-3 -> Excelente.

3-7 -> Bien.

7-11 -> Aceptable.

11-15 -> Pobre.

+15 -> Inaceptable.

2.3.3 RASTI Y STI

STI significa “*Speech Transmisión Index*” y fue definido por *Houtgast* y *Steeneken* (70s). Sus valores oscilan entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima). Su cálculo es muy complejo.

RASTI son las siglas de “*Rapid Speech Transmission Index*” y está patentado por la empresa danesa *Brüel & Kjaer*. Surge como simplificación del parámetro STI para reducir así el tiempo de cálculo. Se calcula reduciendo el número de frecuencias



moduladoras y portadoras. Permite cuantificar la inteligibilidad de la palabra entre 0 y 1.

Valores:

- 0.75-1 -> Excelente.
- 0.6-0.75 -> Bien.
- 0.45-0.6 -> Adecuado.
- 0.3-0.45 -> Pobre.
- 0-0.3 -> Inaceptable.

2.3.4 Claridad musical C80

Indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical. En la música, las reflexiones que llegan al oyente dentro de dicho intervalo son integradas por el oído humano con el sonido directo y, por tanto, contribuyen a aumentar la claridad musical. “*Music average*” la media de los valores a 500 Hz, 1 KHz y 2 KHz.

Valores:

- 0 +/-2 dB -> Instrumentos de viento tocando despacio.
- 2 +/-2 dB -> Instrumentos sinfónicos o clásicos. La velocidad es mayor. Iglesias.
- 4 +/-2 dB -> Instrumentos de cuerda. Música más rápida y moderna.
- 6 +/-2 dB -> Instrumentos de percusión. Rock and Roll.

2.3.5 Nivel de presión sonora (SPL)

El nivel de presión sonora se define como 20 veces el logaritmo de la relación entre el valor eficaz de la presión sonora y el valor eficaz de la presión umbral de audición, a 1 kHz:

$$SPL = 20 \log \frac{p_{ef}}{p_{ref}} \text{ (en dB)}$$

Donde:

- p_{ef} = presión eficaz del sonido en consideración
- p_{ref} = presión eficaz correspondiente al umbral de audición, a 1 kHz (2x10⁻⁵ Pa)

La utilización de dicha referencia tiene como objetivo que todos los sonidos audibles sean representados por valores SPL positivos.

2.3.6 Ct

Se define como 10 veces el logaritmo de la relación entre la energía que llega a un oyente dentro de los primeros “t” segundos desde la llegada del sonido directo (incluye el sonido directo) y la energía que le llega con posterioridad:



$$C_t = 10 \log \frac{\int_0^t p^2(t) dt}{\int_t^\infty p^2(t) dt} \quad (\text{en dB})$$

Donde:

$p(t)$ = presión sonora instantánea

2.3.6.1 Claridad de la voz (C50)

Es el valor de C_t , particularizado para $t = 50$ ms:

$$C_{50} = 10 \log \frac{\int_0^{0,05} p^2(t) dt}{\int_{0,05}^\infty p^2(t) dt} \quad (\text{en dB})$$

Habitualmente se utiliza el valor medio ponderado denominado “speech average”:

$$C_{50} (\text{“speech average”}) = 0,15 \cdot C_{50} (500 \text{ Hz}) + 0,25 \cdot C_{50} (1 \text{ kHz}) + 0,35 \cdot C_{50} (2 \text{ kHz}) + 0,25 \cdot C_{50} (4 \text{ kHz}) \quad (\text{en dB})$$

2.3.6.2 Claridad musical (C80)

Es el valor de C_t , particularizado para $t = 80$ ms:

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{0,08} p^2(t) dt}{\int_{0,08}^\infty p^2(t) dt} \quad (\text{en dB})$$

Habitualmente se utiliza el valor medio denominado “music average”:

$$C_{80} (\text{“music average”}) = \frac{C_{80} (500 \text{ Hz}) + C_{80} (1 \text{ kHz}) + C_{80} (2 \text{ kHz})}{3} \quad (\text{en dB})$$



2.3.7 Ratio D/R

Indica el ratio entre el sonido directo y el reverberante en términos de dB.

Valores:

- 0 dB -> niveles iguales.
- > 0 dB -> sonido directo mayor a reverberado.
- < 0 dB -> sonido reverberado mayor que directo.

2.3.8 ITD Gap

Mide el tiempo que transcurre desde que llega el sonido directo hasta que se recibe la primera reflexión significativa. Importante a la hora de determinar la posición apropiada para los altavoces, así como para calcular retardos en sistemas distribuidos. *Beranek* lo relaciona con la sensación de "intimidad acústica", es decir, la impresión de tamaño de un recinto.

Valoración: *Beranek* aconseja valores siempre inferiores a 20 ms para una posición central frente al escenario.

2.3.9 Tiempo de llegada

Indica el tiempo que le cuesta llegar al sonido directo desde los altavoces hasta un punto. Se utiliza para saber si será necesario establecer retardos entre los distintos altavoces en sistemas distribuidos.

2.3.10 Distancia crítica

La distancia tomada desde una fuente sonora donde la cantidad de sonido directo es igual al sonido reverberado. Parámetro relacionado con la inteligibilidad. Depende de la distancia, características acústicas de la sala y la directividad de la fuente.

$$r_H = 0,057 \sqrt{\frac{V}{RT}} \quad r_R = \Gamma(\vartheta) \sqrt{\gamma} \cdot r_H$$

Donde:

$\Gamma(\vartheta)$: Relación de la directividad angular de la fuente que viene dada por la relación entre el NPS radiado en el ángulo δ contra el eje de referencia y el NPS generado en el eje de referencia a la misma distancia.

γ : Factor frontal-aleatorio de la fuente sonora.

r_H : distancia crítica para fuentes omnidireccionales (m).



2.4 DIFUSORES R.P.G.

Los difusores **R.P.G.**® son dispositivos que consisten en un grupo periódico de hendiduras de igual amplitud pero de diferentes profundidades, separadas por paredes rígidas pero muy estrechas.

Las profundidades de las rendijas se determinan a partir de secuencias matemáticas que tienen la propiedad de que la transformada de Fourier del factor de reflexión es constante.

El principio de funcionamiento de éste tipo de difusores está basado en el fenómeno de interferencia entre ondas sonoras. Cuando dos ondas se superponen, las presiones sonoras instantáneas respectivas se suman, si las ondas son iguales (misma amplitud) y están en el mismo estado de vibración en cada instante de tiempo, la presión sonora se dobla, pero si ambas ondas tienen misma amplitud y signo diferente se cancelan, produciéndose una interferencia destructiva

Cuando una onda incide sobre una de las ranuras, ésta se propaga por su interior siguiendo un camino paralelo a las paredes de la ranura hasta alcanzar el fondo de la misma, en dicho instante, la onda se refleja y viaja en sentido contrario hasta alcanzar nuevamente el extremo superior. La fase de dicha onda depende del camino total recorrido por la misma en el interior de la ranura. Debido a que las ranuras tienen distintas profundidades, la fase de la señal asociada a cada una en el instante de la radiación será diferente, lo cual dará lugar a un fenómeno de interferencia entre todas las ondas que intervienen.

La distribución de la energía reflejada por el difusor en las diferentes direcciones del espacio dependerá del tipo de interferencia que tenga lugar, es decir, de la secuencia de valores de las profundidades de las ranuras.

2.4.1 Los difusores Q.R.D.

Existen dos tipos de difusores de residuos cuadrados, los unidimensionales y los bidimensionales.

2.4.1.1 Unidimensionales

Son los más utilizados a nivel práctico, consisten en una serie de ranuras paralelas de forma rectangular, de igual anchura y de diferente profundidad. Por lo general, dichas ranuras están separadas por unos divisores delgados y rígidos.

La profundidad de cada ranura se obtiene a partir de una secuencia matemática prefijada dando lugar a estructuras repetitivas (periódicas), que producen en un determinado margen de frecuencias una dispersión del sonido o difusión en planos perpendiculares a dicha ranura.

$$s_n : n^2 \bmod p$$

La secuencia se obtiene a partir de la siguiente expresión:



Donde:

p : n° primo

n : n° entero que va desde 0 a $p-1$

mod: indica que cada valor de s_n se obtiene como el resto del cociente entre n^2 y p .

Parámetros de diseño:

- F_{max} : Máxima frecuencia para la cual se desea una óptima difusión.
- F_0 : Frecuencia de diseño y mínima para la cual se desea óptima difusión.
- m_{max} : Orden de difusión, n° entero.
- $n^{\circ} \text{lobulos} : (2m_{max} + 1)$: n° de direcciones para las cuales la energía reflejada tiene el mismo valor.

$$W : \frac{c}{2f_{max}} - T$$

: Anchura de las ranuras

Cuanto mayor sea el valor de f_{max} , más estrechas deberán hacerse las ranuras.

En cuanto al valor de T (espesor de los divisores en mm), debe ser lo menor posible.

$$W + T : \frac{\lambda_{min}}{4}$$

: Para que la difusión sea óptima para una incidencia rasante.

$$p : \frac{2m_{max}f_{max}}{f_0}$$

: n° de ranuras por periodo

Para un determinado margen de frecuencias, el hecho de aumentar " p " produce un aumento del grado de difusión m_{max} .

Por otro lado, p debe ser un n° primo, si su valor no coincidiese, el valor elegido de p deberá ser el del n° primo más próximo y superior.

$$d_n : \frac{s_n c}{2pf_0}$$

: profundidad de las ranuras

$$d_{n(max)} : \frac{s_{n(max)}c}{2pf_0}$$

: máxima profundidad.

Se logra una óptima difusión del sonido dentro de un determinado margen de frecuencias. La frecuencia más elevada para la cual se produce difusión del sonido aumenta a medida que la anchura de las ranuras disminuye, en tanto que la mínima frecuencia disminuye a medida que aumenta la máxima profundidad.

Margen útil de frecuencias:

$$\propto \frac{d_{n(max)}}{W}$$

De todas formas existe un límite al valor máximo de dicha relación, puesto que las ranuras estrechas y muy profundas producen un exceso de absorción acústica. Dicho límite lleva a que, en la práctica, el margen útil de frecuencias quede restringido a

$$\frac{f_{max}}{f_0} \leq 8$$

Prácticamente 3 octavas, es decir:

Fuera de dicho margen, el difusor tiende a comportarse como una superficie plana, dando lugar a reflexiones prácticamente planas.

En la siguiente figura 2.1 podemos observar un modelo de difusor QRD[®], presentado por la casa R.P.G Diffusor Systems, Inc.



Fig.2.1. Modelo QRD[®] 734

2.4.1.2 Bidimensionales

Aparecen con el objetivo de obtener una óptima difusión del sonido incidente en todas las direcciones del espacio

En este tipo de difusores las ranuras son sustituidas por pozos dispuestos en paralelo, de profundidad variable, y de forma generalmente cuadrada.

Las expresiones a utilizar son iguales que las correspondientes a los difusores unidimensionales con la salvedad de que la secuencia de profundidades se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$s_{m,n} : (m^2 + n^2) \bmod p$$

En la figura 2.2 se observa un modelo de difusor QRD® bidimensional del catálogo de la empresa R.P.G Diffusor Systems, Inc.



Fig. 2.2. Modelo Omniffusor™



CAPITULO III:

**ELECCIÓN DEL DISEÑO DE LA
SALA DE CONTROL**



3.1 TIPOS DE DISEÑOS DE SALAS DE CONTROL

A continuación se presentan los diseños más representativos de las salas de control en estudios de grabación. Se explicará brevemente las principales características de cada uno de los diseños.

3.1.1 Sala Rettinger

Rettinger presenta un diseño de sala con un volumen de 150 metros cúbicos aproximadamente. Este diseño permite obtener un retardo entre el sonido directo y las primeras reflexiones conseguido mediante la instalación de superficies reflectantes en paredes laterales y techo, con relación a la posición del ingeniero de audio, y consigue de esta forma que predominen las condiciones de buena calidad de la audición en amplias zonas de la sala (figura 3.1).

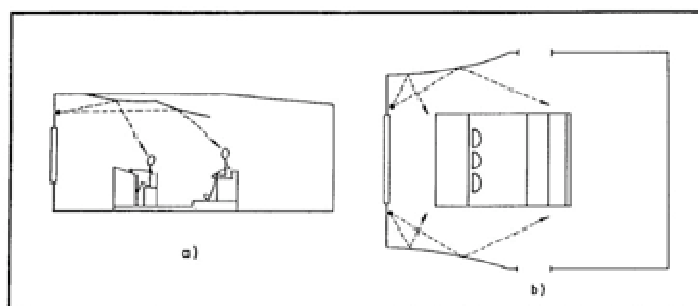


Fig. 3.1: Sala de control según Rettinger: a) alzado b) planta.

La pared trasera se acondiciona de manera que sea muy absorbente y crea una onda reflejada con mucho retraso. Rettinger sugiere para este cometido un entramado de fibra de vidrio cubierta con tela de saco en la parte superior; y en la parte inferior una chapa perforada para mejorar la absorción de las bajas frecuencias.

3.1.2 Sala Non Environment

Tom Hidley es el responsable del diseño de este modelo en el año 1983 (figuras 3.2 y 3.3). Se caracteriza por una pared frontal y suelo muy reflectante y las demás muy absorbentes. El principio que rige este diseño es el de proporcionar a los altavoces emplazados en la pared, a modo de baffle infinito, un entorno lo más anecoico posible. Con la introducción de material absorbente en el resto de la sala se consigue reducir las reflexiones y que el ratio de señal directa se incremente con una reducción notable en la coloración.

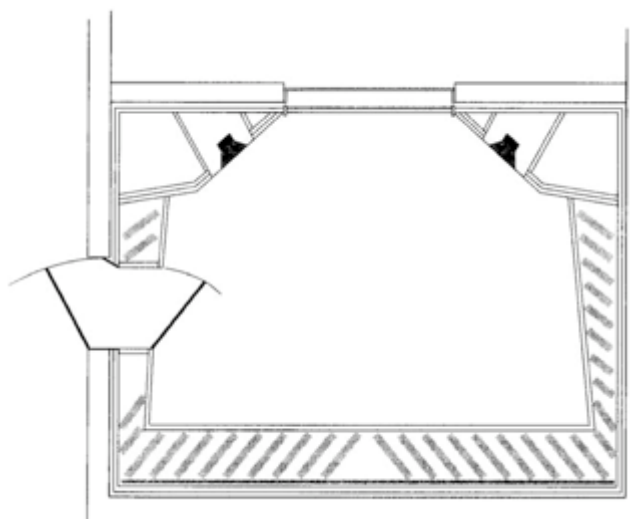


Fig. 3.2: Sala de control según Hidley, Non-Environment, planta.

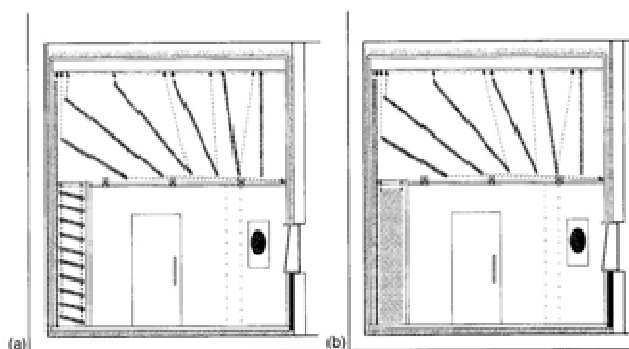


Fig. 3.3: Sala de control según Hidley, Non-Environment:

a) absorbentes traseros horizontales

b) absorbentes traseros verticales

El conocido ingeniero George Massenbroug defiende el uso de éstas salas, especialmente cuando los músicos crean la música estando en ellas, ya que ha comprobado que la acústica les inspira especialmente; aunque esto es una opinión subjetiva.

En 1994 un informe presentado en el Instituto de Acústica de Inglaterra titulado “Control Room Reberberation is Unwanted Noise” se explica que: el concepto de sala de control Non-Environment provee unas condiciones de monitorización que se acercan notablemente al campo libre de audición. En estas salas se reduce el tiempo de extinción de las reflexiones, siendo así muy fácil la percepción de los defectos de las grabaciones. Esto tiende a ser una ventaja considerable cuando se extraen conclusiones sobre el mismo programa musical mezclado en diferentes salas.

Los monitores instalados dentro de la pared proporcionan eficiencia y uniformidad en la radiación de las bajas frecuencias, y también se eliminan las irregularidades causadas por las difracciones de la caja donde están montados. Exceptuando las reflexiones del equipo, mesa de mezcla y el suelo, la instalación de estos monitores hace que la sala se aproxime al concepto de semi-anecoico. El emplazamiento de los equipos debe estar en un lugar donde las reflexiones no actúen en

el punto de escucha y así minimizar su efecto. Si esto no fuera posible se pueden proteger con material absorbente a modo de escudo. El objetivo de estas salas es proporcionar un monitoreado de la señal de los altavoces y nada más. Tom Hidley en su trabajo persigue una técnica para controlar los modos propios de la sala hasta 10 hertzios, permitiendo así realizar este diseño en salas de reducido tamaño (25-35 m). Las figuras siguientes muestran la repuesta en frecuencia de un monitor a una distancia de 2 metros en una sala de control pequeña (figura 3.4) y a 3 metros en una sala grande (figura 3.5). Los dos diagramas muestran una gran similitud considerando la diferencia de tamaño.

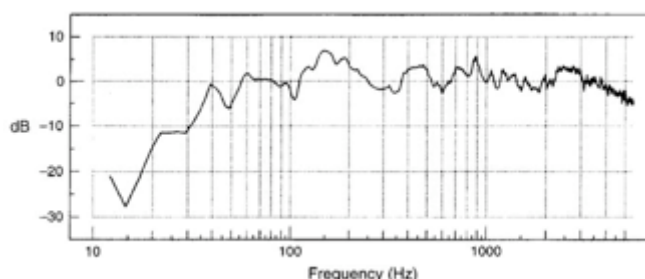


Fig. 3.4: Respuesta a 2 metros de los altavoces en sala pequeña Non-Environment.

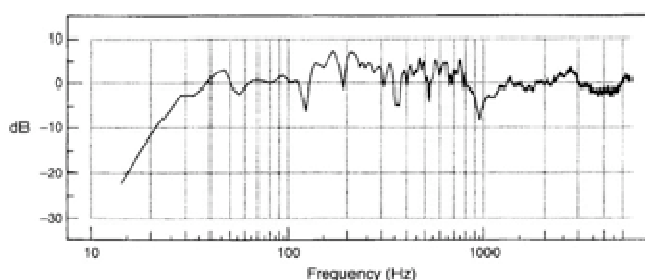


Fig. 3.5: Respuesta a 3 metros de los altavoces en sala grande Non-Environment.

3.1.3 Sala LEDE

En 1978 Don Davis introdujo un nuevo diseño de salas de control y un método en el tratamiento acústico. La parte posterior de la sala se convertía en muy reflectante y la parte anterior muy absorbente, con el fin de anular la coloración por parte de la mesa de mezclas (figura 3.6). Con ello también consiguió que se recibieran en el punto de escucha muchas primeras reflexiones y muy pocas de orden superior.

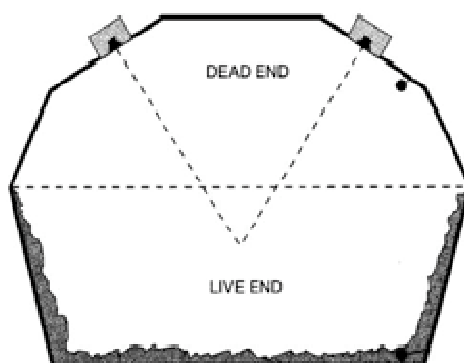


Fig. 3.6: Sala de control LEDE: Frontal relativamente seco salvo en bajas frecuencias y pared trasera muy difusora.

Este diseño da la sensación auditiva de que los monitores son la única fuente de sonido existente. Ya que a las reflexiones superiores se les reduce considerablemente el retardo en la parte frontal, se obtiene un sonido muy limpio porque la parte frontal de la sala reduce el efecto de filtro “peine” producido por la mesa de mezclas.

En la parte posterior de la sala, el sonido percibido de las reflexiones no queda enmascarado y permite percibir el tiempo de retardo inicial de la acústica de la sala, permitiendo también que se fundan en un solo sonido la totalidad de reflexiones en el punto de escucha.

En este diseño Davis evita las superficies paralelas para que no se produzcan ondas estacionarias y consigue que, combinando las diferentes características, el ingeniero tenga una apreciación de la realidad en cuanto a lo que está ocurriendo en la sala de grabación.

Davis sugiere además que la posición del ingeniero sea de 2,5 a 3 metros desde los monitores, y éstos, separados uno del otro entre 3 y 3,5 metros.

Las salas LEDE están diseñadas según algunos aspectos psicoacústicos como es el efecto preferencia o Hass, que manifiesta que dos sonidos de corta duración se escuchan en una sucesión rápida, el sistema auditivo humano suprime el segundo sonido y da preferencia al primero. Entonces los dos sonidos son percibidos como si fueran uno proveniente de la dirección del primero. Este efecto se percibe desde separaciones muy pequeñas como 1 milisegundo hasta los 30 o 40 milisegundos. También es originado este efecto preferencia si uno de los dos sonidos es entre 10 y 15 decibelios mayor, dependiendo de la frecuencia y condiciones.

En el diseño de éstas salas la geometría se construye para que se produzca una zona libre de primeras reflexiones en la zona de escucha. La idea principal es tener un sonido directo de los altavoces y permitir un intervalo de tiempo entre las de la sala. La pared posterior se construye de tipo reverberante, permitiendo una escucha “viva” la cual no tenga una excesiva coloración. Para que esto ocurra los doctores Peter D’Antonio y Konnert a través de su empresa, comercializan los conocidos difusores

RPG. Esta tecnología evita las fuertes reflexiones y proporciona una respuesta general de la sala plana y libre de irregularidades.

3.1.4 Sala Híbrida (Ishi y Mizutoni)

En la investigación presentada en 1982 en la convención de Anaheim, Estados Unidos, de la Audio Engineering Society se propuso un diseño (figura 3.7) para una sala de escucha neutra con la siguiente expresión:

Sala Anecoica + Sala Reverberante = Un Nuevo Estándar de Sala.

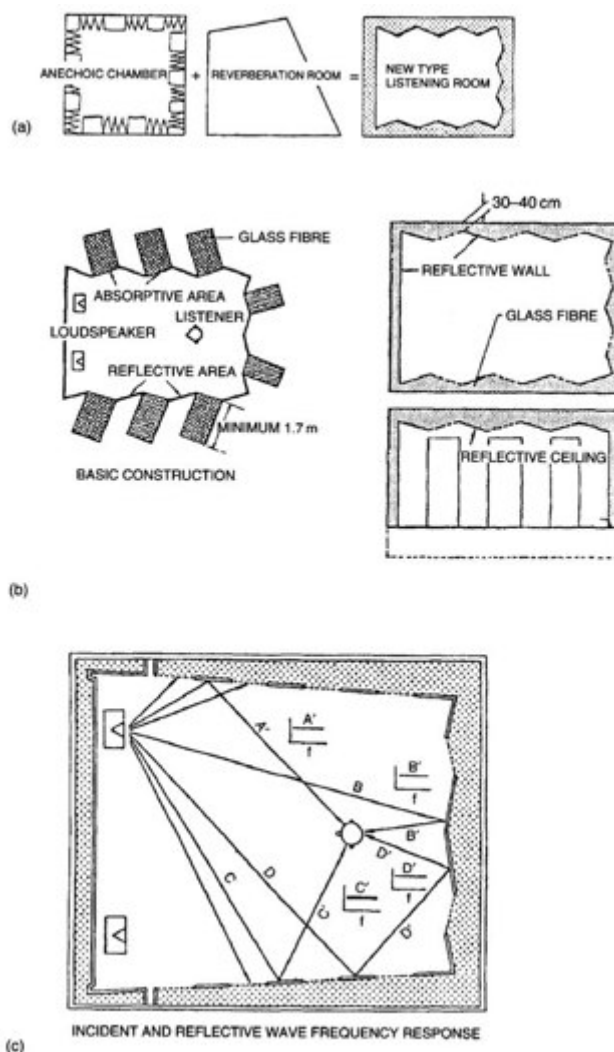


Fig.3.7: Sala Híbrida: a) nuevo concepto, b) construcción básica, c) respuesta en frecuencia teórica.

La idea era usar grandes áreas de absorción en toda la banda de frecuencias junto con grandes áreas de reflexión también, en toda la banda. Esto se conseguiría mediante el uso de recovecos de al menos dos metros de profundidad, rellenos de fibra de vidrio, en combinación con losas de material muy reflectivo.

El sistema mantiene una reverberación de 0,4 segundos con una desviación total de 0,1 segundos entre 20 hertzios y 20 kilohertzios. Las paredes rígidas no son paralelas



para prevenir ecos “flutter”, y de gran masa para evitar las vibraciones y la coloración por resonancia.

Una idea muy bien concebida, bandas de absorción grandes en combinación de bandas de reflexión también muy anchas, espacialmente bien distribuidas proporcionando una buena difusión y algunas reflexiones para prevenir el “flutter” eco o la resonancia. Las desventajas sin embargo son numerosas: dos metros perdidos en cada una de las paredes laterales y trasera, añadido a la necesidad de suficiente distancia entre las superficies reflectantes para conseguir unas reflexiones tempranas en la posición de escucha. Todo esto significa que son necesarios unos recintos muy grandes, hecho que no se encuentra en la realidad porque los espacios disponibles para las salas no lo son. En todos los diseños los ingenieros se remiten al cálculo del tiempo de reverberación y a la longitud de onda pudiendo re escalar, si fuera necesario, pero en este diseño esta propuesta es imposible. A pesar de que en el informe presentado por los autores, el diseño está referido a los estándares de tiempo de reverberación y se necesita realizar en condiciones críticas de diseño para conseguir un buen monitoraje. Sin embargo, el diseño propuesto por Ishii y Mizutoni exhibe unas condiciones de neutralidad acústica donde los campos directo y reverberante se pueden ajustar mediante la distancia entre altavoces y el punto de escucha.

3.1.5 Sala Jensen

En mitad de la década de los setenta, Wolfgang Jensen, produjo un diseño según se muestra en la figura 3.8. Ésta sala usa unos absorbentes en forma de diente de sierra emplazados en las paredes laterales, que sirven para absorber las ondas incidentes de los altavoces. Tienen superficies reflectivas en el exterior para poder reflejar los sonidos producidos por el habla en la parte posterior de la sala, pero que no causan reflexiones directamente hacia la posición de escucha. No se quiere conseguir una absorción total del sonido, ya que el diseño esta dentro del estándar de tiempo de reverberación.

Estas salas son interesantes porque hacen una distinción muy clara de las condiciones acústicas para la monitorización (relativamente secas) y la acústica percibida para una sensación de confort dentro de la sala (relativamente viva).

Las piezas triangulares absorbentes/ reflectoras, tienen una abertura enfocando a los altavoces solamente. Estas salas también se pueden usar como salas de grabación por su cualidad reflectora. Las salas Jensen también tienen los monitores de escucha montados dentro de la pared frontal a la manera estándar.

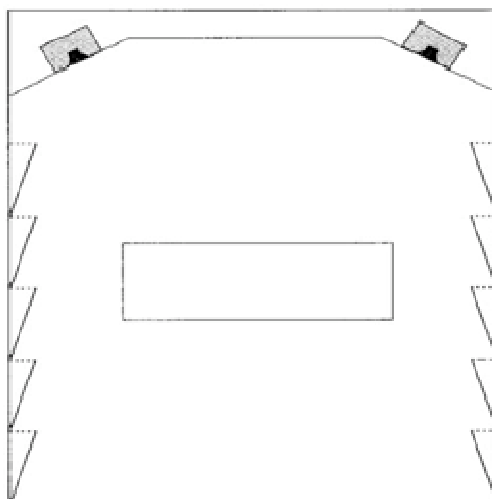


Fig. 3.8: Diseño según Jensen: Paneles en forma de diente de sierra con abertura absorbente y superficie relectora, la pared trasera se diseña de forma mixta: absorbente/reflectora para las condiciones deseadas.

3.1.6 Sala Toyoshima

En 1981, Sam Toyoshima, en Tokio, que era el diseñador de estudios de muchas compañías importantes, presentó un artículo sobre el diseño de salas en el que sentenciaba que: “una sala de control debe ser diseñada con una pared frontal viva y una pared trasera seca [...] para suprimir las ondas estacionarias de las bajas frecuencias, la pared trasera debe ser lo más absorbente posible [...] si la pared trasera fuera reflectiva, debe ser diseñada para proveer el máximo grado de difusión. Sin embargo, para 85 hertzios, las dimensiones de los paneles difusores debería ser al menos de 4 metros, comparable a su longitud de onda, lo cual es prácticamente imposible”. Toyoshima proclamaba que era capaz de realizar diseños que consiguieran una adecuada absorción con solamente 60 centímetros. Se comprobó con las pruebas realizadas que el tiempo de reverberación era muy inferior al encontrado en las salas LEDE.

Se creó entonces una división de opiniones, los que apoyaban a Davis con el diseño de las salas LEDE y los que apoyaban a Toyoshima. Efectivamente la opción de construir salas con una pared reflectiva frontal y absorbente trasera o a la inversa fue muy discutida. Pero los dos diseños coincidían en que para obtener los mejores resultados, las salas deben tener propiedades direccionales en la acústica dependientes de la fuente del sonido, y no tener un sonido difuso generalizado, así como una uniformidad en el tiempo de decaimiento de la sonoridad. Las diferencias entre si es mejor tener una pared frontal absorbente o reflectiva han continuado hasta el presente y cada filosofía tiene sus seguidores.

3.1.7 Sala BBC

Las grandes compañías como la British Broadcasting Corporation (BBC), necesitan transferir el material de sus programas por varios estudios en lugares diferentes. El personal técnico también es requerido para moverse por diversos estudios,

y para trabajar de forma eficiente, tienen la necesidad de acomodarse rápidamente en un entorno que no les es familiar. Necesitan trabajar de manera eficiente y hacer sentir la confortabilidad en gran variedad de hogares.

Existe la tendencia en el mundo audiovisual de confiar en los altavoces montados en pedestales de manera libre, con los problemas que ello conlleva al actuar la difracción del sonido, la confusión que causa la radiación posterior y la respuesta variable según se mueva el punto de escucha.

Los ingenieros de audiovisual tienen su propia manera de hacer su trabajo y no es competencia mía criticarla, además difiere de las exigencias de la industria musical. También he hallado información sobre estudios de esta disciplina que han instalado monitores dentro de las paredes igualmente que en los estudios de música. La acústica “muerta” de las salas de la industria de la música no gusta por eso a los ingenieros del audiovisual. En 1994, Bob Walker presentó un artículo sobre un nuevo diseño para la BBC, que mostraba un tiempo de decaimiento de la sonoridad relativamente uniforme con la frecuencia. Había especificaciones como la supresión de reflexiones hasta 15 milisegundos después de la señal directa y que esas reflexiones llegaban al oído con una atenuación de 15 decibelios. El concepto de diseño está mostrado en la figura 3.9. El techo, como se puede apreciar, tiene similitud con las paredes laterales, el cual sigue una lógica expansión tridimensional de las ondas sonoras. El problema del suelo estaba parcialmente resuelto situando la mesa de sonido entre los altavoces y el punto de escucha, ocultando la reflexión.

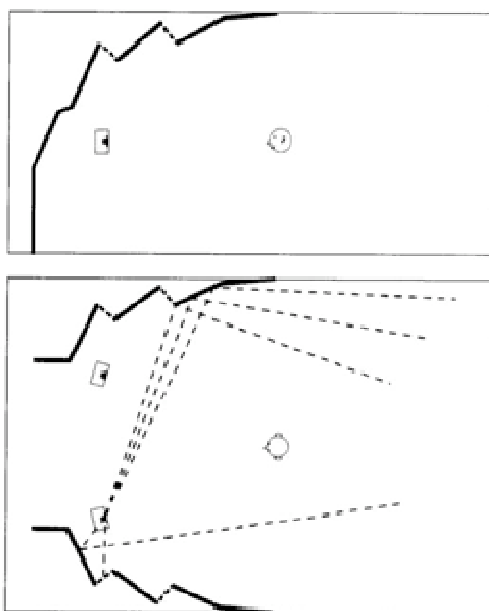


Fig. 3.9: Sala BBC, diseño según Bob Walker. Monitores montados en pedestales.

Este concepto de diseño confiaba en que la colocación de superficies reflectantes en cada una de las posiciones indicadas no afectaba a la energía reflejada desde los altavoces hacia el ingeniero, aunque según las investigaciones posteriores, no es tan fácil como parece. En realidad, contrariamente a las imágenes realizadas con programas informáticos de trazo de rayos, el sonido no viaja en líneas según la geometría Euclidiana como se piensa, dato que se descubre en el análisis de esta teoría de simulación. El sonido se expande en ondas circulares influenciadas por los efectos de



difracción en la mayoría de frecuencias. La difracción, entonces, asegura la no especularidad (como la luz) y por ello las reflexiones viajan en direcciones de difícil predicción. El diseño de estas salas no es algo simple, estudiada la investigación. No obstante el uso de los altavoces emplazados de forma libre son validos para este diseño.

3.2 ELECCION DEL DISEÑO DE LA SALA DE CONTROL

Los diseños más utilizados a lo largo de la historia han sido Non-Enviroment y LEDE. La elección en nuestro caso es la del diseño LEDE.

El sistema Non-Environment ha sido bastante criticado por su empirismo y poca base científica. Aunque la escucha sea más homogénea entre distintos estudios, lo cierto es que el resultado final de las grabaciones se suele escuchar en sales de estar domésticas pequeñas y poco absorbentes. En estas condiciones, el nivel de bajas frecuencias tiene que resultar excesivo, ya que la grabación se supervisó en condiciones prácticamente anecóicas mientras que la escucha se está realizando, para bajas frecuencias, en compresión (dimensiones del recinto inferiores a las longitudes de onda de las bajas frecuencias).

Otro inconveniente del sistema Non-Environment es el efecto negativo de la interferencia de dos fuentes cuando emiten la misma señal. En las condiciones prácticamente anecóicas de un control realizado con este sistema y con los dos altavoces emitiendo un mismo tono, el nivel de escucha dependerá de la ubicación del oyente, ya que las sucesivas interferencias constructivas y destructivas de las señales provenientes de los altavoces generan un patrón que varía en función de la posición. Este defecto se ve minimizado en una sala de control tipo LEDE gracias al empleo de difusores que tienden a homogeneizar el campo acústico.

Por todo lo anterior, y teniendo también en cuenta que el sistema Non-Environment consume mucho volumen disponible en la colocación de cantidades ingentes de absorbente, el sistema LEDE es la mejor opción disponible actualmente para el diseño de salas de control con alta calidad de escucha.





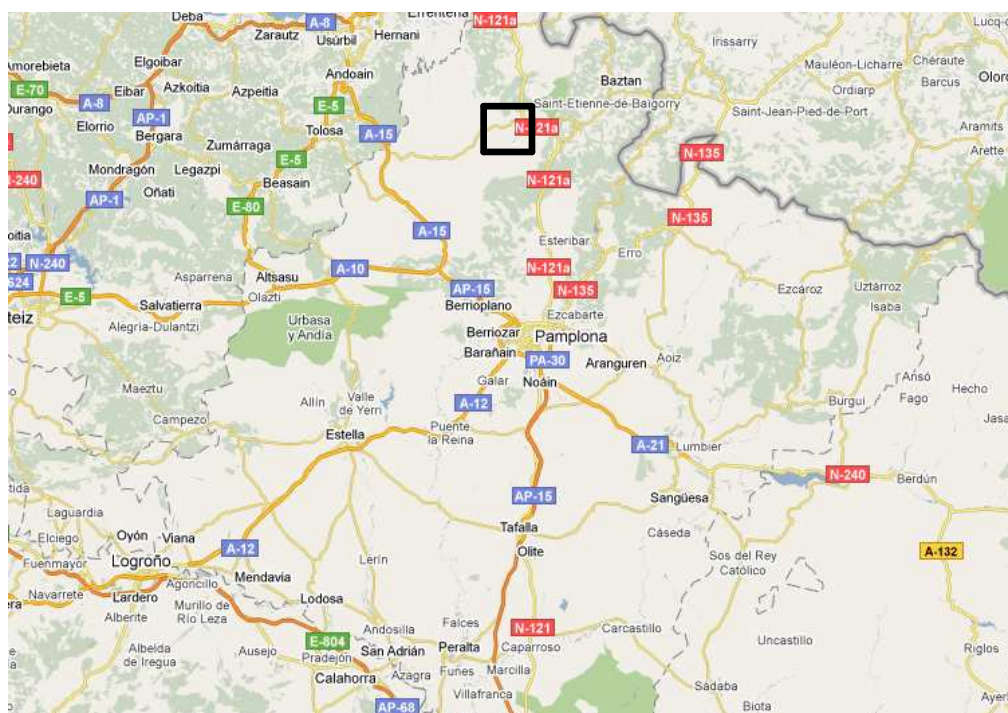
CAPITULO IV:

**PRESENTACIÓN Y
DISTRIBUCIÓN DEL LOCAL**



4.1 PRESENTACION DEL LOCAL

El local donde se pretende realizar el estudio de grabación está situado en Ventas de Donamaria, Navarra. Es un edificio de una sola planta con paredes de piedra, suelo de cemento y tejado de madera en el interior y chapa ondulada en el exterior a dos aguas. Antiguamente era un gallinero, pero en la actualidad esta vacío. La superficie hábil para poder construir el estudio de grabación es de 140 m². A continuación se observa la situación geográfica del local en la figura 4.1.



a)



b)

Fig. 4.1 Situación geográfica del local

a) Situación en Navarra

b) Situación en Ventas de Donamaria

Interiormente en el local existen dos habitaciones separadas por una pared de ladrillo fina de 16 cm de grosor con una puerta para comunicar las dos habitaciones, una ventana y una puerta por la que se accede desde la parte exterior. En la figura 4.2 se pueden observar estas características del local y sus medidas en metros.

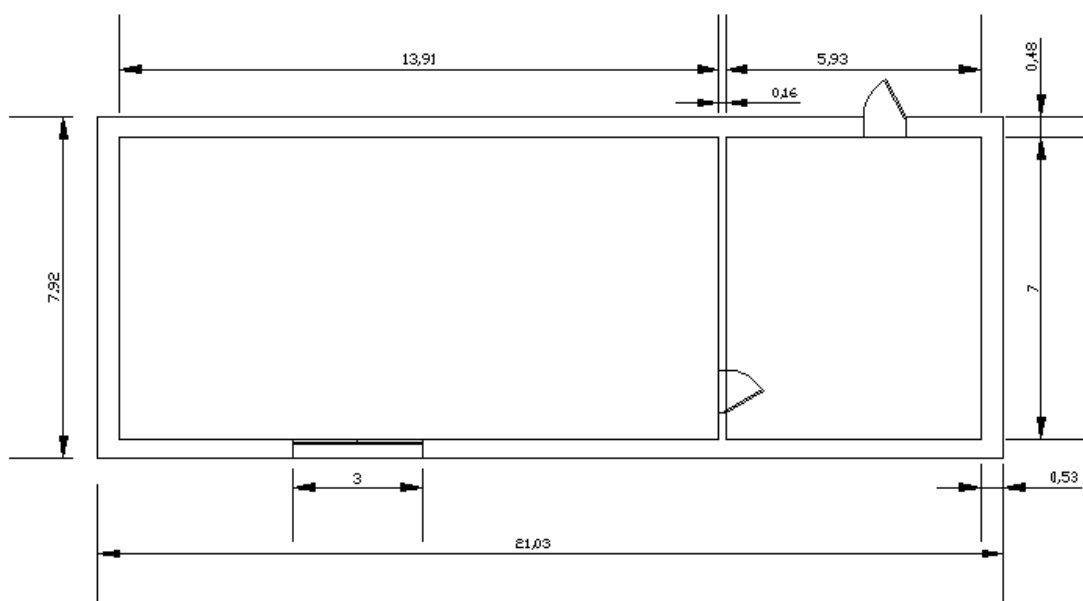


Fig. 4.2. Planta del local acotada

La figura 4.2 se puede ver con más detalle en los planos adjuntos al proyecto.

Una vez presentado el local, y su situación actual, procederemos a diseñar, distribuir y optimizar la superficie disponible para el estudio de grabación.

4.2 DISTRIBUCION Y OPTIMIZACION DE LA SUPERFICIE DISPONIBLE

Se disponen de 140 m² hábiles para la construcción del estudio de grabación. Se quiere distribuir este espacio en las siguientes salas:

- 3 Sala de control
- 4 Sala de grabación
- 5 Almacén
- 6 Sala relax
- 7 Habitación para PC's y utensilios.
- 8 Habitación para etapas de potencia

Las salas que más espacio requieren son la sala de control y la sala de grabación por lo que comenzamos la distribución con estas salas. El primer problema que nos encontramos es que la forma del techo es a dos aguas. Partiendo de la forma que tiene el techo se decide que la sala de control se construirá a lo largo en vez de a lo ancho, ya que no es recomendable acústicamente que el techo sea a dos aguas a lo ancho de la sala de control. En la figura 4.3 se observa que no es recomendable ya que si en la parte trasera de la sala de control existe techo inclinado hacia la posición del ingeniero puede producir unas reflexiones indeseables.

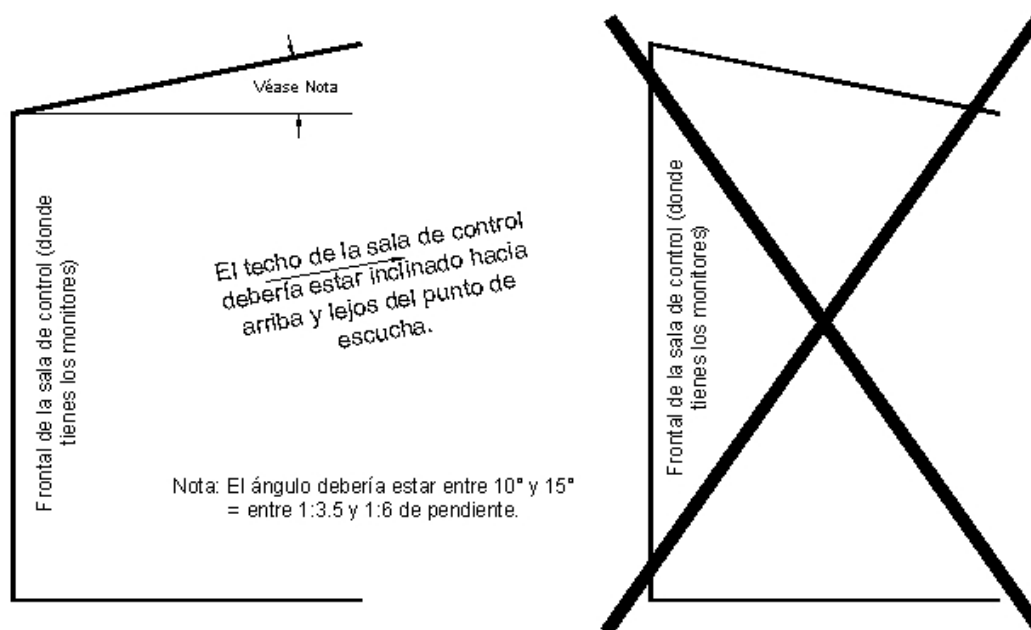


Fig. 4.3. Detalle de inclinación de la sala de control

Por lo que el techo a dos aguas se queda a lo largo de la sala. Más adelante se explicara cómo tratar este tipo de techos para que quede una buena acústica en la sala.

La segunda regla que se debe seguir es que las salas no tengan paredes paralelas, con esto se evita las ondas estacionarias que pudieran surgir.

Una vez distribuidas la sala de grabación y la sala de control, distribuimos el resto de salas con el espacio sobrante.

A continuación, en la figura 4.4, se observa el diseño de la planta del estudio de grabación con todas las salas.

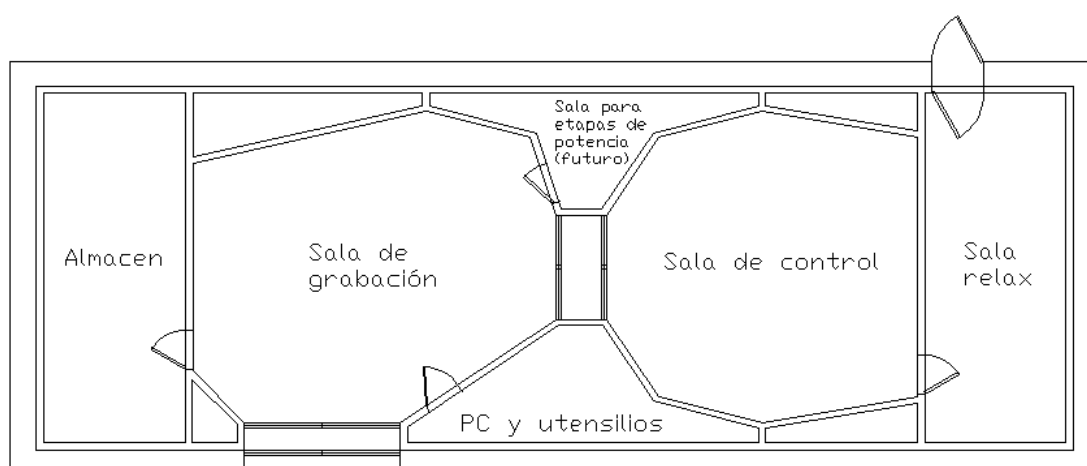


Fig. 4.4 Distribución de las salas del estudio de grabación.



Como se puede observar en la figura 4.4 se han distribuido y diseñado todas las salas que se tenían previstas. Se puede observar que para las salas de PC's y de etapas de potencia se ha aprovechado el espacio que queda entre la sala de control y la sala de grabación. De esta manera optimizamos el espacio.

La entrada al estudio de grabación se realiza a través de la sala relax donde se colocarán sofás y televisión para que los miembros del grupo que vengan a grabar tengan un lugar para estar tranquilamente y poder estar relajados mientras la grabación.

El almacén queda al fondo del todo. Se construye un almacén para poder almacenar en él los posibles paneles absorbentes, instrumentos, amplificadores, etc.

De esta forma queda distribuido el estudio de grabación, y la superficie queda aprovechada al máximo.



CAPITULO V:

**SOLUCIONES ACUSTICAS
PROPUESTAS**



5.1 AISLAMIENTO ACUSTICO

Para el aislamiento acústico la solución que se va a adoptar es la de construir una sala dentro de otra y que está totalmente aislada de la primera. Se construirá una sala flotante.

5.1.1 Paredes y suelo

Podemos ver en la figura 5.1 el detalle de aislamiento de suelo y pared.

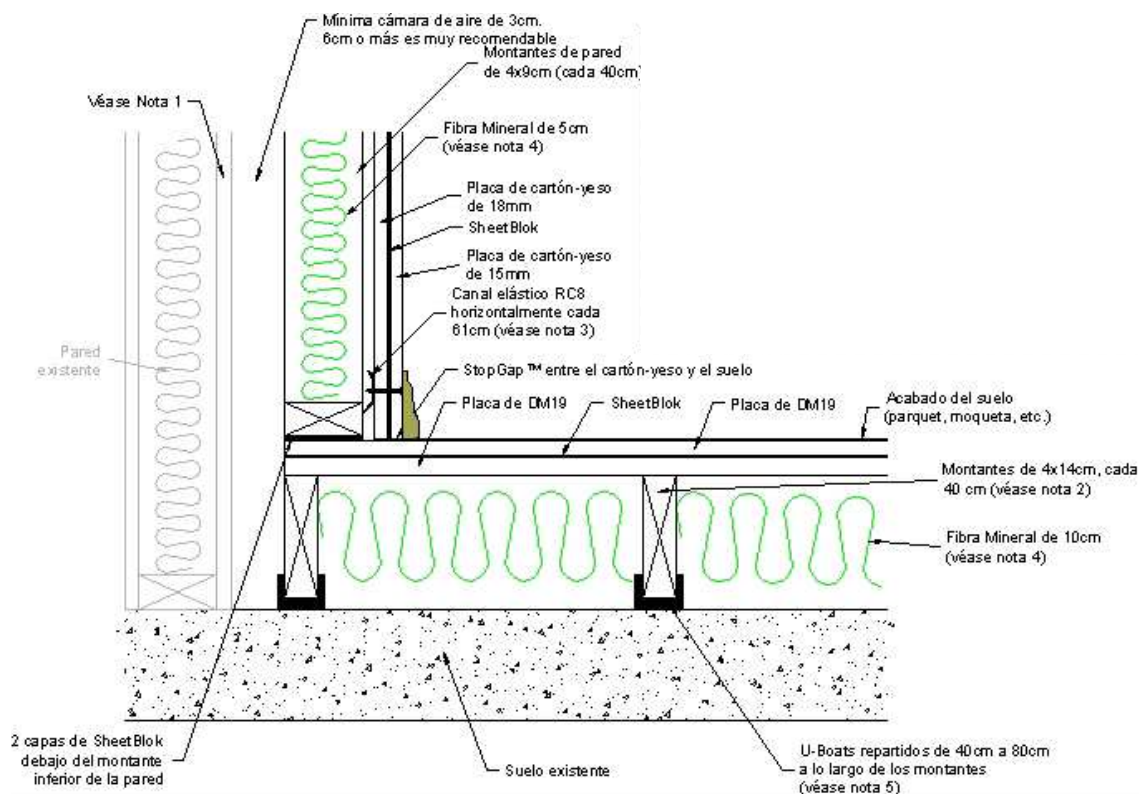


Fig. 5.1 Detalle de aislamiento de suelo y pared

Observamos, en la figura 5.1, las diferentes capas que tenemos a partir del suelo existente. Los montantes de 4x14cm se colocarán sobre “U-Boats” repartidos de 40cm a 80cm a lo largo de los montantes. Entre los montantes se colocará fibra mineral de 10cm de espesor. Sobre los montantes se colocará una primera placa de DM 19 seguida de una capa de “Sheetblock” y otra segunda placa de DM 19. Finalmente se colocará el acabado del suelo que corresponda en la sala.

La pared, como se ve en la figura, se comienza a construir sobre el suelo ya aislado. Se colocará una doble capa de “Sheetblock” debajo del montante de la pared. La cámara de aire que se dejara desde la pared existente será de 10cm. Entre los montantes se colocará fibra mineral de 5cm de espesor. Seguidamente una primera capa de cartón yeso de 18mm, una capa de “Sheetblock” y una segunda capa de cartón yeso de 18mm. Para la sujeción del cartón yeso con los montantes se utilizara un canal elástico RC8 horizontalmente cada 61cm. Por último se colocará “StopGap” entre el cartón yeso y el suelo.

En la figura 5.2 vemos como se repartirán los diferentes montantes. Verticalmente los colocaremos con una separación de 40cm y horizontalmente de una manera aleatoria. Esta estructura de montantes permite que la sala tenga una estructura más rígida y por lo tanto tenga menos posibilidad de llegar a vibrar sobre todo con frecuencias bajas. Así la transmisión del sonido por vibración es menor.

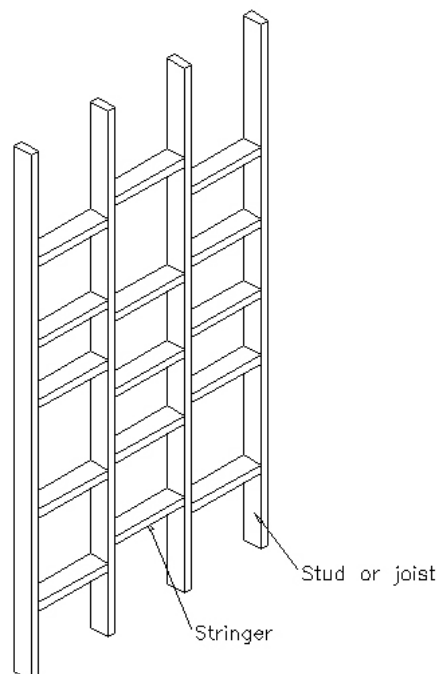


Fig. 5.2 Estructura de montantes de madera

5.1.2 Techo

En el caso del techo al no haber un contacto directo con la fuente sonora el aislamiento varía un poco. Se observa en la figura 5.3 que es algo más sencillo. Se colocarán montantes como en el suelo pero no hará falta colocar “*U-Boarts*”. Entre los montantes se rellenará de fibra mineral de 10cm de espesor. Colocaremos canales elásticos RC8 cada 40cm. Seguidamente una primera capa de cartón yeso de 18mm, una capa de “*SheetBlock*” y una segunda placa de cartón yeso de 18mm. Hay que observar el detalle de la pared con el techo para la colocación correcta de las placas de cartón yeso y el “*SheetBlock*”. Vemos los detalles en la figura 5.3.

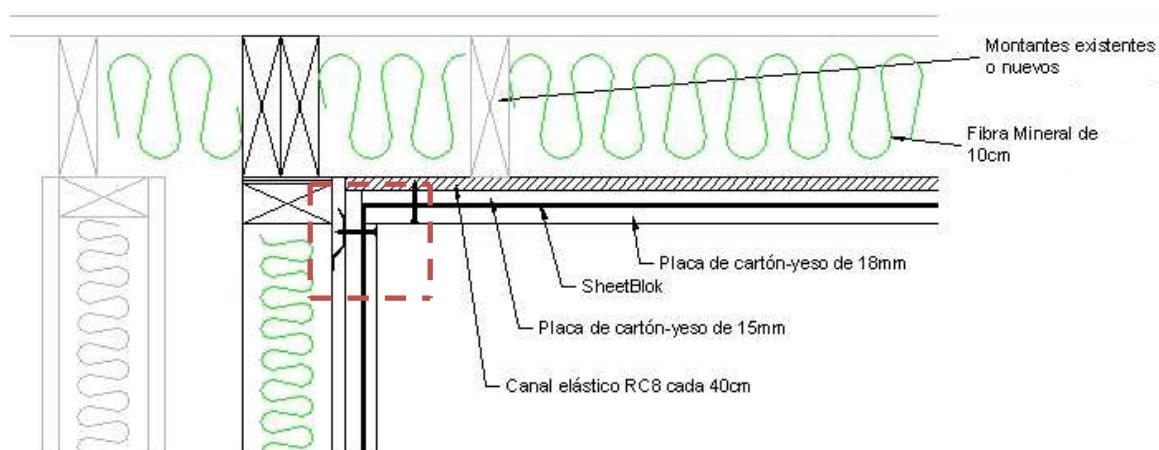


Fig. 5.3 Detalle de aislamiento de techo

5.1.3 Puertas correderas de PVC

Para comunicar la sala de control con la sala de grabación y tener contacto visual, se instalarán dos puertas correderas de PVC de 2m de alto por 2m de ancho, con una separación paralela entre ellas de 1m. Para obtener un mayor aislamiento se realizara un surco en la parte inferior de la puerta corredera que ira relleno de material elástico. De esta forma se disminuye la transferencia por vibración. Se puede ver en la figura 5.4.

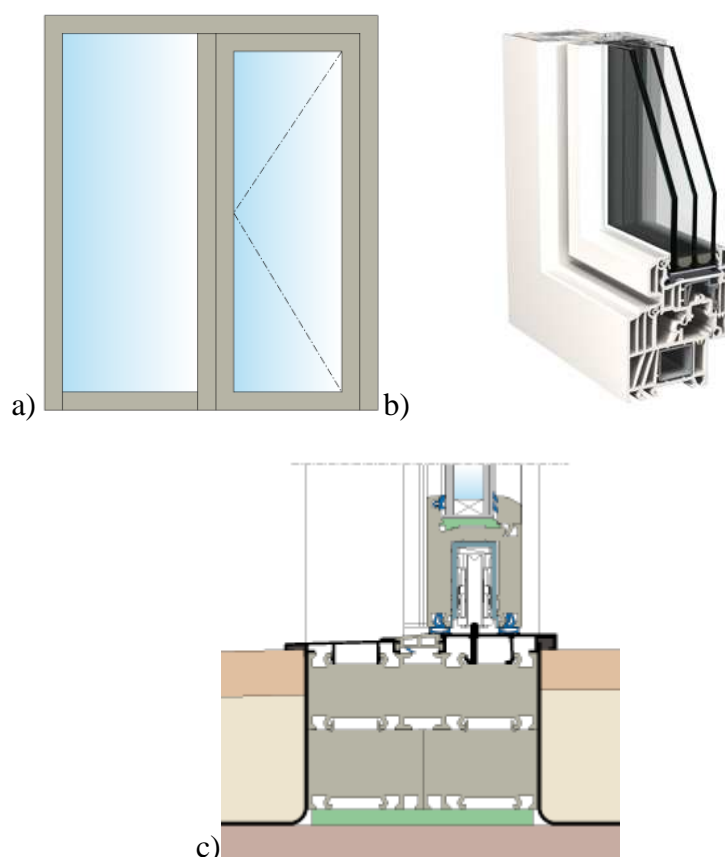


Fig. 5.4. a) Dirección de apertura de la puerta. b) Sección de la ventana. c) Detalle de montaje de la puerta corredera.

El aislamiento que se consigue según el fabricante es de 46dB con cada puerta.

5.1.4 Ventana doble de PVC

En la sala de grabación existe una ventana de la sala original que la vamos a mantener. En este caso se instalará una doble ventana de PVC con una separación paralela de 40cm. Se colocarán, en la zona interior de las dos ventanas, placas absorbentes tipo “*Studiofoam*” para eliminar las posibles ondas estacionarias que se puedan generar entre las dos ventanas.

Otro detalle a tener en cuenta en la instalación de las ventanas es que los marcos no deben tener contacto con la estructura de la sala interior, siempre se colocarán sobre “*Sheetblock*”. El detalle de construcción se observa en la figura 5.5.

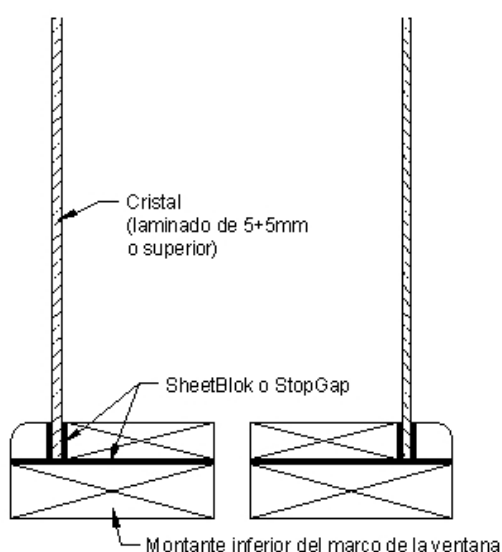


Fig. 5.5 Colocación de las dos ventanas.

La ventana también será corredera como en el caso de la puerta visor y tendrá un tamaño de 380cm x 120cm.

El aislamiento que se consigue según el fabricante es de 46dB.

5.1.5 Puertas acústicas

Hay que instalar dos puertas. Una para la entrada de la sala de control y otra para la entrada del almacén. En los dos casos se instalarán puertas del tipo “*Auralex AD2*” que nos proporcionan un aislamiento certificado de 42dB. Las puertas tampoco deben tener contacto directo con las paredes y suelo de la sala por lo que también se utilizará “*SheetBlock*” así evitaremos la transmisión por vibración. Puede ser opcional el colocar un visor circular en la puerta como se observa en la figura 5.6.



Fig. 5.6. Puerta acústica

5.1.6 Más detalles de aislamiento

Hay que tener muy en cuenta que el sonido se puede filtrar por cualquier agujero que exista en la pared. Por eso hay que tener en cuenta que en las diferentes salas se va a tener que agujerear la pared para colocar enchufes y cajas de conexión.

La colocación de los enchufes se realizará de manera que no queden nunca uno enfrente de otro por el interior de la pared. Lo vemos en la figura 5.7.

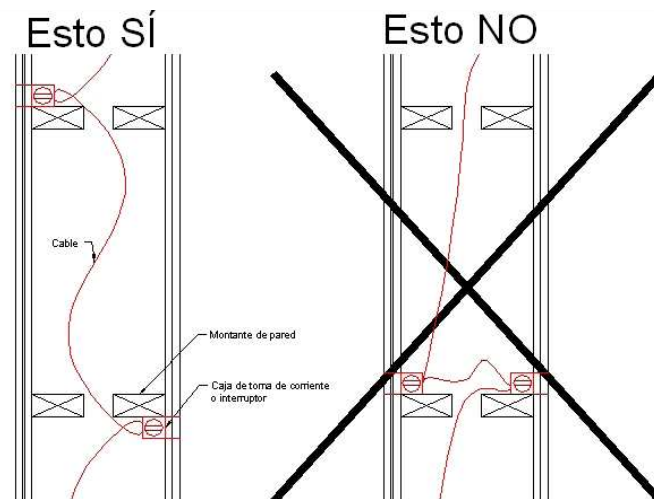


Fig. 5.7. Detalle de instalación correcta de tomas de corriente.

De esta forma cualquier onda que se pueda introducir por el agujero del enchufe tendrá que recorrer más distancia para poder salir por el otro enchufe.

Para un mayor aislamiento se sellará el marco del enchufe con espuma aislante.

Toda la instalación del cableado se realizará mediante tubos los cuales una vez introducido todo el cableado se sellarán por los dos lados con espuma aislante. Esto también evitará que se pueda propagar el sonido a través de ellos.

5.2 ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO DE LA SALA DE CONTROL

Para el acondicionamiento acústico de la sala de control hay que seguir las características que tiene la sala LEDE (figura 5.8). La parte delantera de la sala debe ser una zona con muy pocas reflexiones, es decir una zona seca, mientras que la parte trasera debe ser una zona difusa.

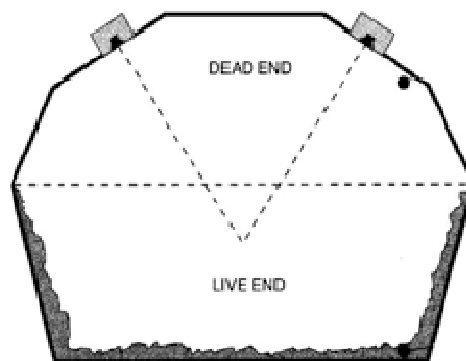


Fig. 5.8. Sala LEDE

Los materiales de construcción utilizados para esta sala son paredes y techo de cartón-yeso y suelo de parquet flotante. Existe también una puerta corredera de PVC en la parte delantera y una puerta con la superficie de metal en la parte trasera de la sala.

Para que la parte delantera sea una zona seca se colocarán paneles “*Propanels B22 de Auralex*”. Cubrirán parte de la superficie de las paredes y techo desde la posición del ingeniero hasta la parte delantera como se muestra en la figura 5.9.

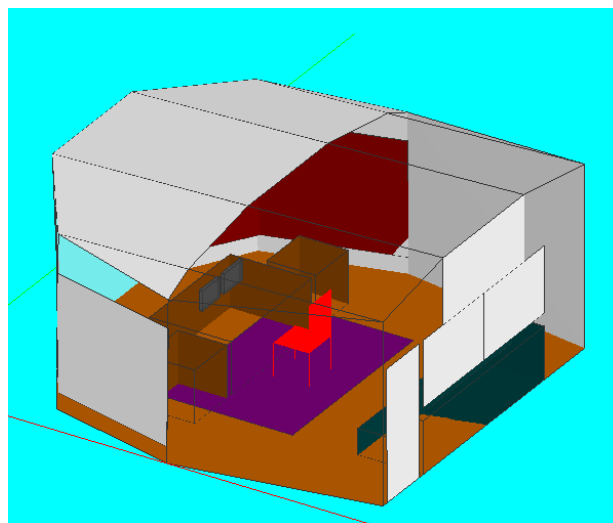


Fig. 5.9 Colocación de material acústico en la sala de control.

Las paredes se comenzaran a cubrir, con los paneles, a una altura de 0.25 m hasta llegar a los 2 m. El techo se cubrirá por completo.

Para la zona difusa de la sala se colocarán difusores RPG en la pared trasera. Se instalarán dos difusores de 1.5m de ancho por 1 m de alto centrados a una altura de 1 m y un tercer difusor de 2 m de ancho por 1 m de alto centrado a una altura de 2 m. El resto de paredes y techo queda de cartón-yeso.

Un detalle a tener en cuenta es también la colocación de un sofá en la parte trasera de la sala. Este no se coloca solo para que la gente pueda estar cómoda sino que sirve también para mejorar la acústica de la sala evitando posibles frecuencias indeseables.

Se colocará una alfombra de lana de 3 m por 2 m centrada en la sala para atenuar un poco el rango de frecuencias alto ya que el suelo es de parquet y este atenúa un poco más en frecuencias graves. De esta manera equilibramos la absorción por frecuencias del suelo.

Con estos materiales se consigue un TR en la sala que oscila entre 0.22 y 0.34 según la frecuencia. En la figura 5.10 aparece la curva del tiempo de reverberación según la frecuencia.

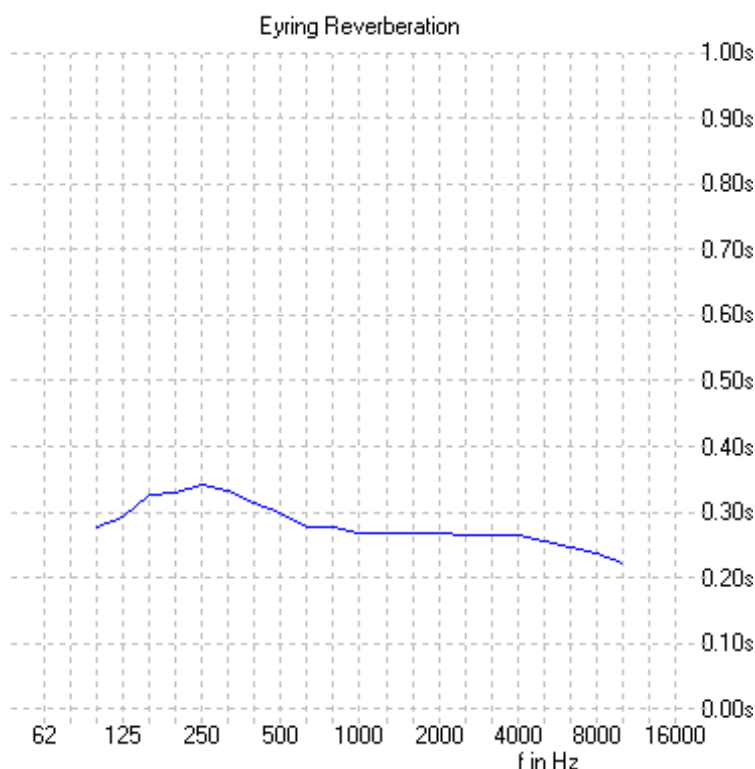


Fig. 5.10 Curva del tiempo de reverberación de la sala de control.

5.3 ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO DE LA SALA DE GRABACION

El acondicionamiento de la sala de grabación se realizará teniendo en cuenta que en esta sala se grabarán instrumentos con unas características sonoras muy diferentes. Teniendo en cuenta esto la sala no va a ser ni muy seca (TR bajo) ni muy viva (TR alto).

El material de construcción de la sala consiste en techo y paredes de cartón-yeso y suelo de parquet, una ventana de PVC y tres puertas con superficie metálica.

Como vemos en la figura el suelo se divide en dos zonas, una en la que se utiliza parquet y otra en la que se colocará moqueta. Parte de algunas paredes y techo se cubrirán con paneles absorbentes “Sonosuede 2” de Auralex”, con esto se consigue que el TR de la sala sea menor. El resto de paredes y suelo conserva el material original que es el cartón-yeso. Se observan los detalles en las figuras 5.11 y 5.12.

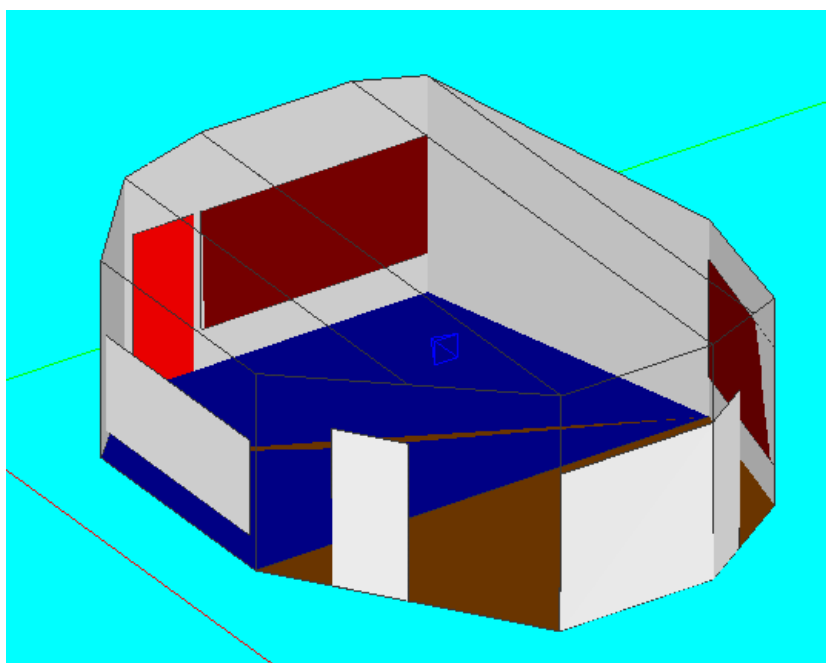


Fig. 5.11 Detalle de colocación de paneles acústicos en paredes.

En la pared del fondo se colocará una superficie de “Sonosuede 2” de Auralex” de 3 m de ancho por 1.5 m de alto a una altura de 0.5 m. En la pared de la derecha se colocará una superficie de “Sonosuede 2” de Auralex” de 2.06 m de ancho por 1.5 m de alto a una altura de 0.5 m. En el techo se cubrirán por completo las dos zonas que se ven en la figura 5.12.

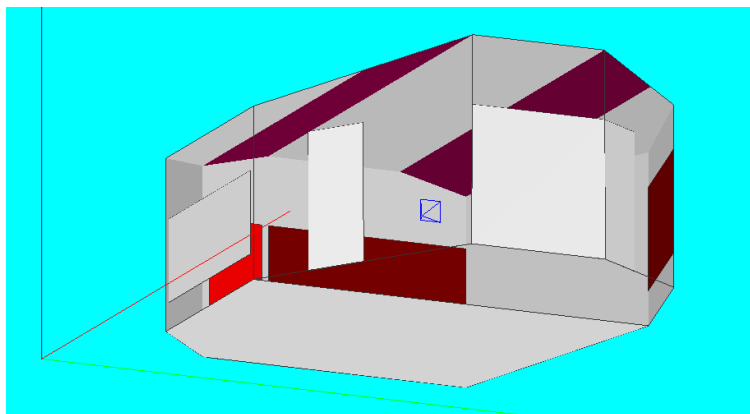


Fig. 5.12 Detalle de colocación de los paneles en el techo

De este modo se obtiene una sala con un TR no muy elevado adecuado para la grabación de multitud de instrumentos y voces. El TR de la sala es se observa en la figura 5.13.

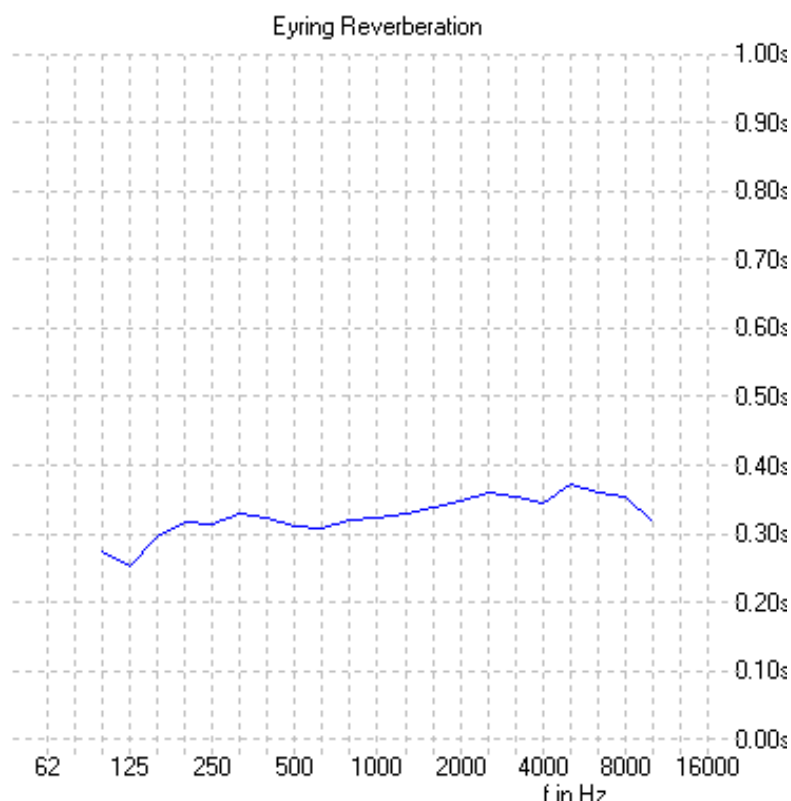


Fig. 5.13 Curva del tiempo de reverberación de la sala de grabación.

Si en alguna ocasión se necesitara un TR de la sala menor para grabar un instrumento se colocarían unos biombos con material absorbente previamente contruidos alrededor del instrumento para que de este modo el TR fuese menor en la zona del instrumento.





CAPITULO VI:

SIMULACION EASE 4.1



SIMULACION EASE 4.1

Para la simulación en el programa EASE 4.1 lo que se realiza es la modelización de las dos salas del estudio de grabación. Por un lado la sala de control y por otro la sala de grabación. Se ha intentado realizar un modelado lo más cercano a como quedaría el estudio después de la construcción.

De esta manera queda modelada la sala de control (figura 6.1) y la sala de grabación (figura 6.2):

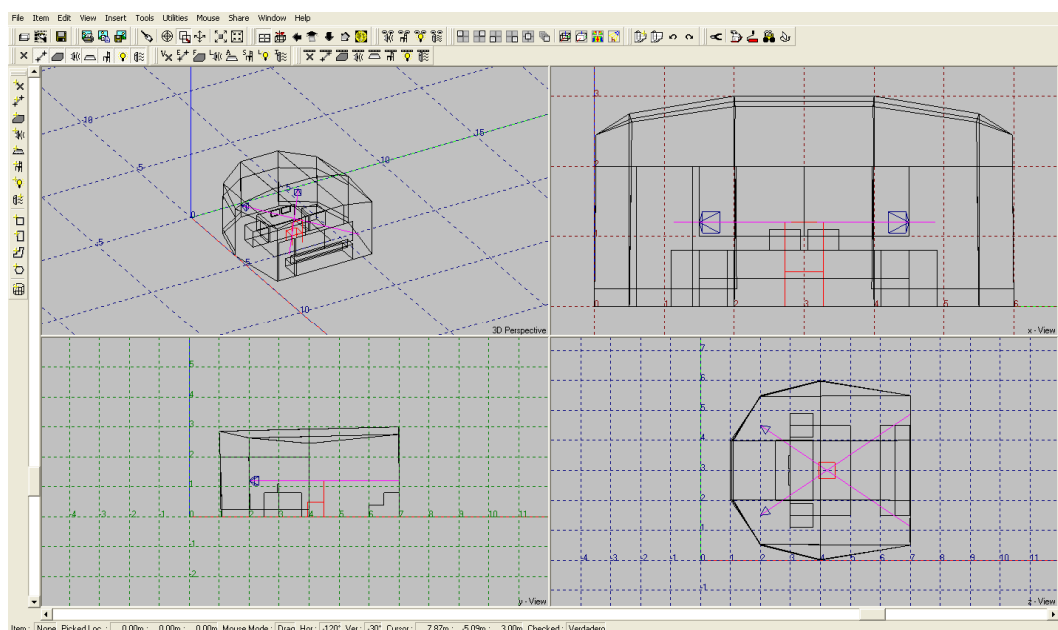


Fig. 6.1 Modelado de la sala de control en EASE 4.1

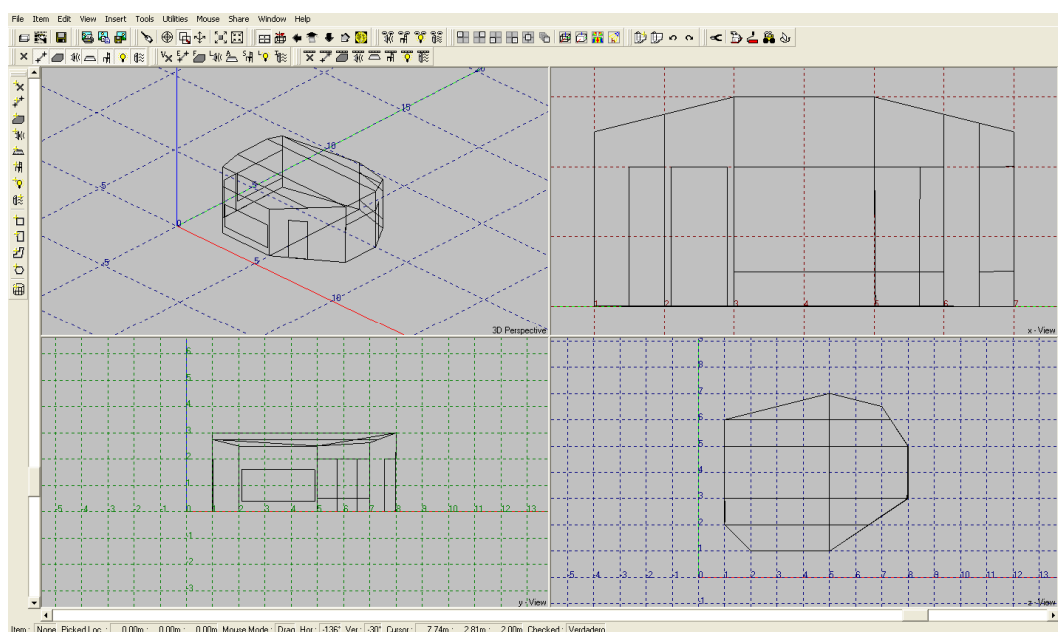


Fig. 6.2 Modelado de la sala de grabación en EASE 4.1

6.1 MATERIALES DE CONSTRUCCION UTILIZADOS

Los materiales utilizados para la construcción y después para el acondicionamiento acústico tienen unos coeficientes de absorción que los hemos implementado con el programa EASE 4.1. De esta manera la simulación se aproximará más a la realidad. En las siguientes graficas se observa el coeficiente de absorción por frecuencias de cada material.

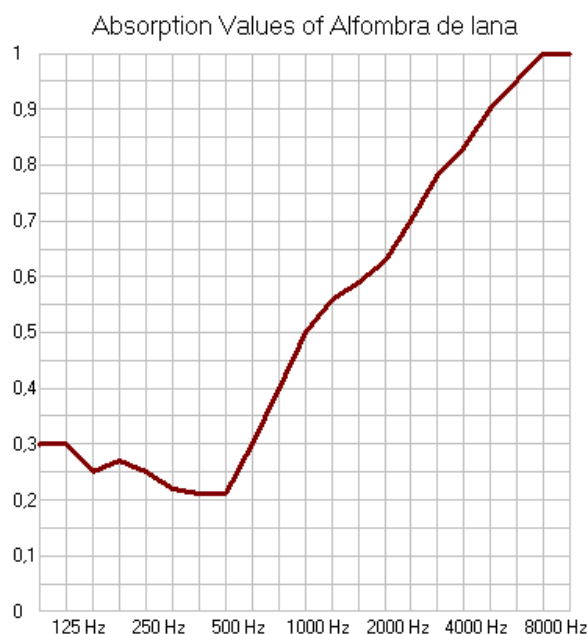


Fig. 6.3 Alfombra de lana

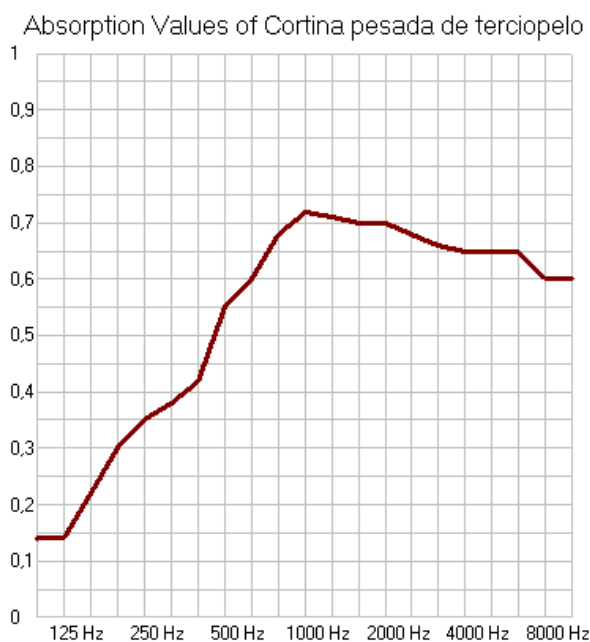


Fig.6.4. Cortina pesada de terciopelo

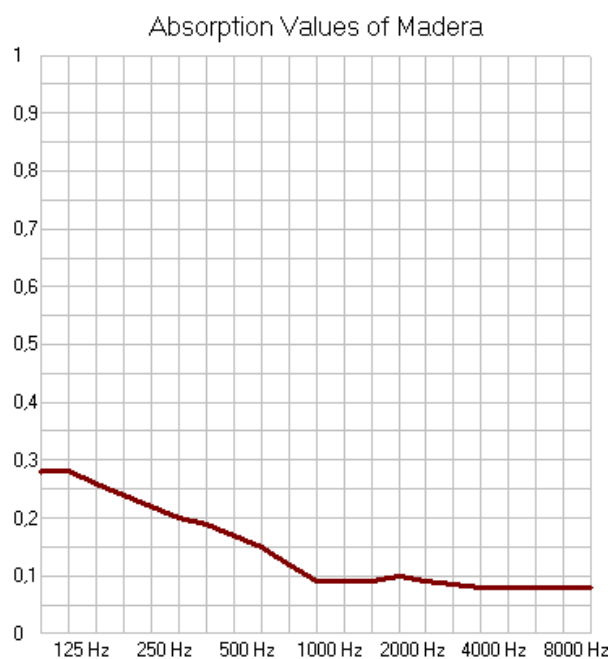


Fig. 6.5 Madera

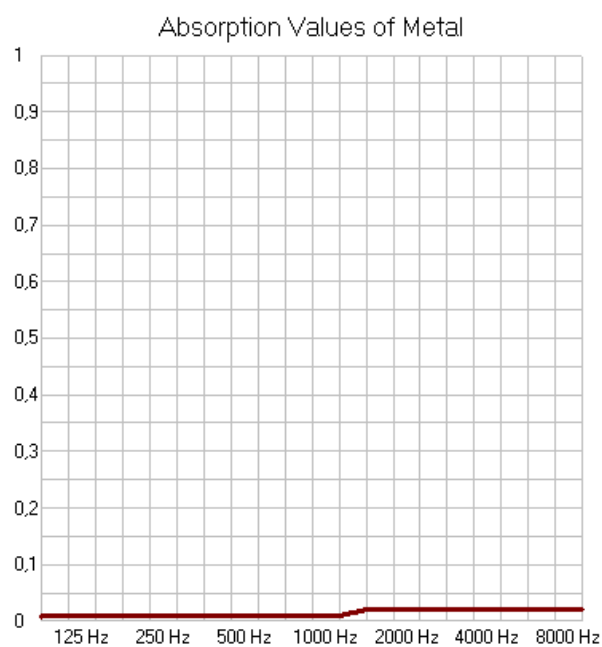
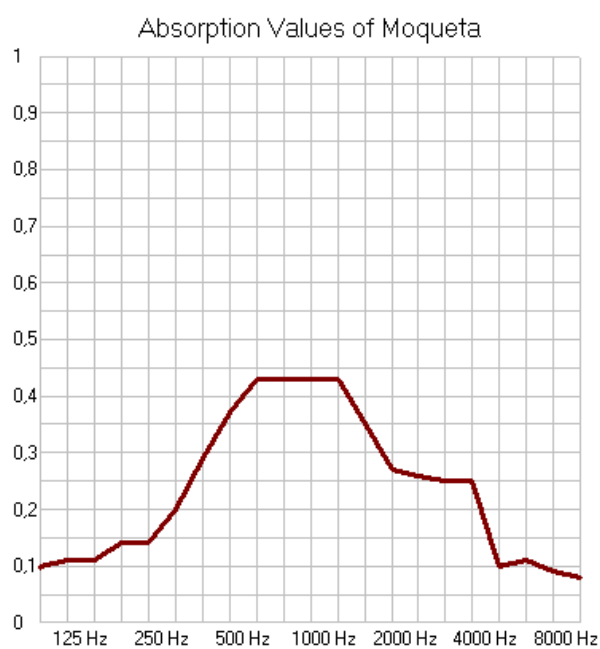
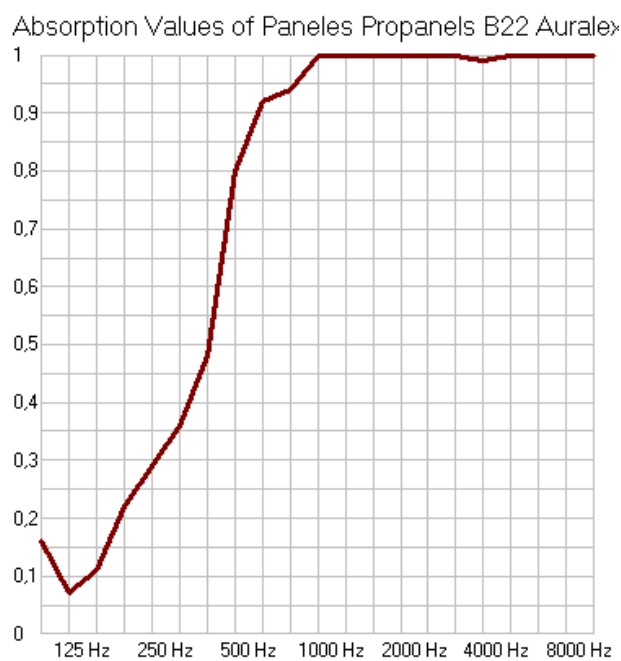


Fig. 6.6. Metal

*Fig. 6.7 Moqueta**Fig. 6.8 Paneles Propanels B22 Auralex*

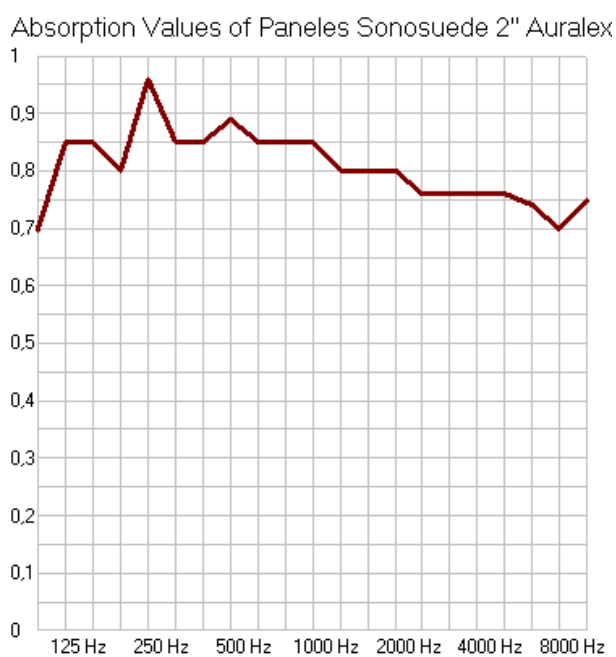


Fig. 6.9. Paneles Sonosuede 2" Auralex

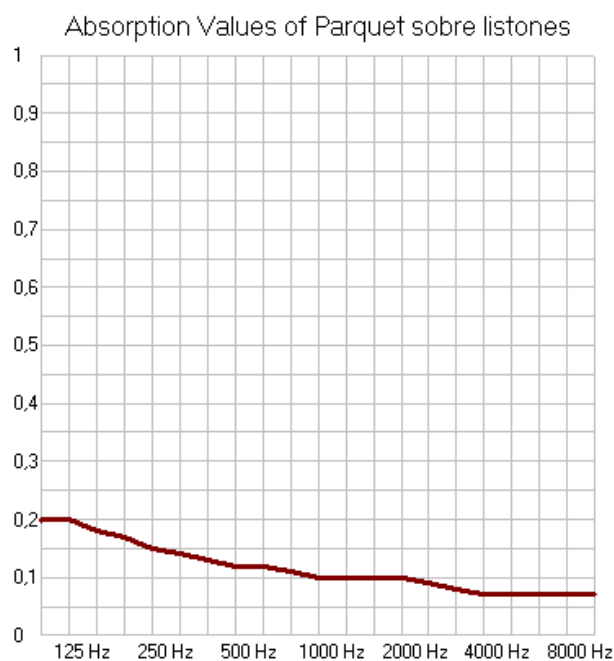


Fig. 6.10. Parquet sobre listones

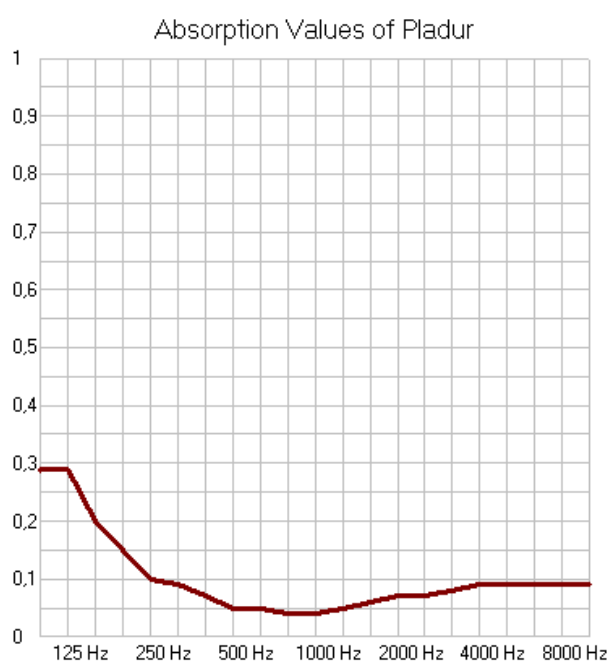


Fig. 6.11. Pladur

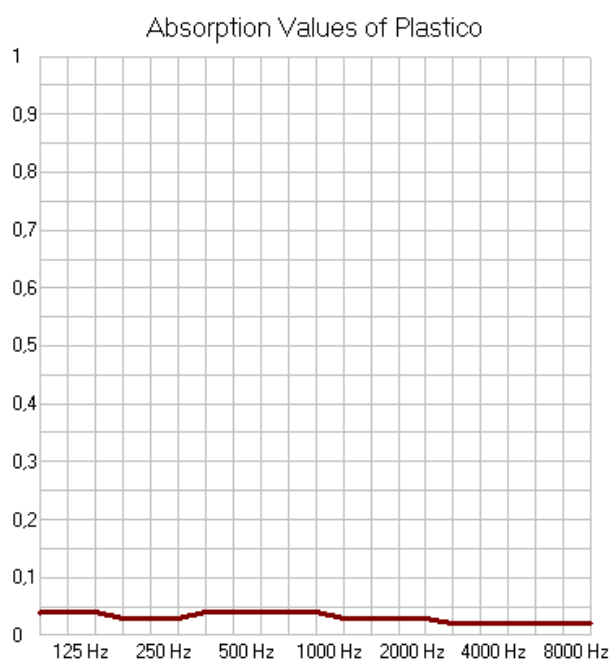


Fig. 6.12. Plástico

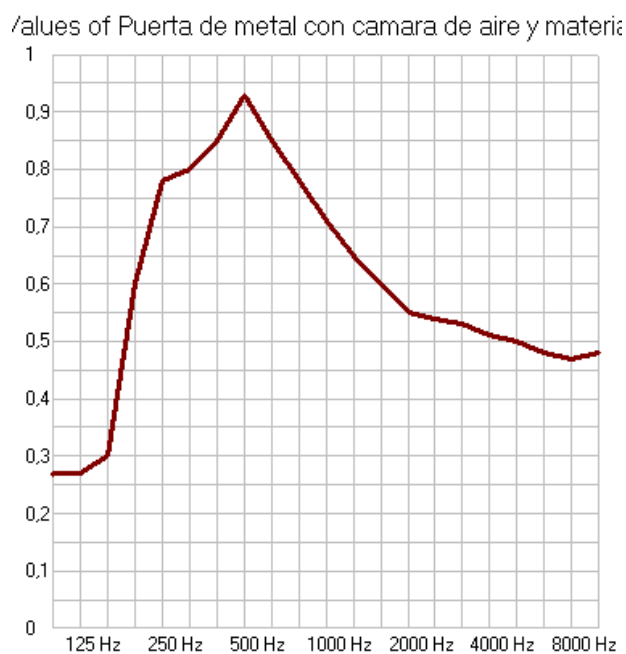


Fig. 6.13. Puerta de metal con cámara de aire y material absorbente

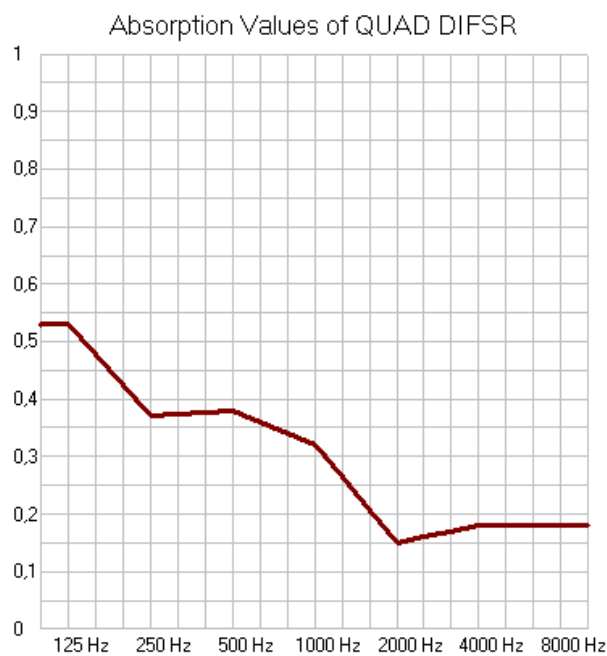


Fig. 6.14 Difusores RPG

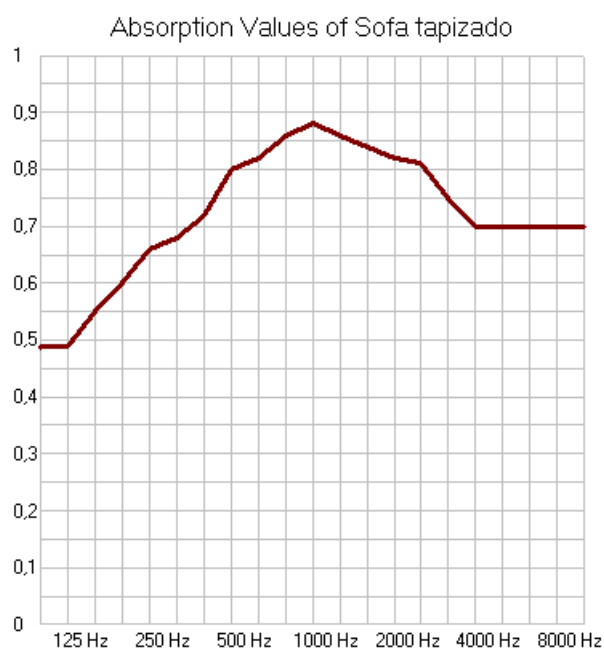


Fig. 6.15 Sofá tapizado

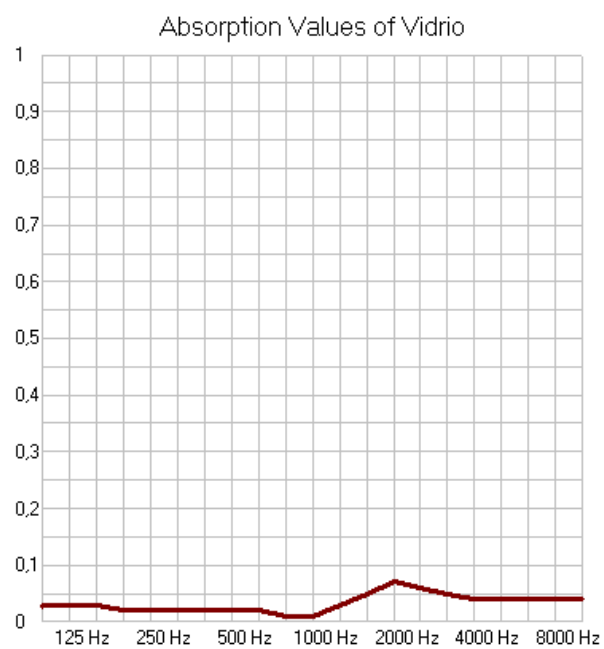


Fig. 6.16 Vidrio

6.2 POSICION DE LOS ALTAVOCES EN LA SALA DE CONTROL

Por último se introducen los altavoces. En la sala de control hay que colocarlos de manera que formen con la posición del ingeniero un triángulo equilátero, es decir que haya la misma distancia entre altavoces que de un altavoz a la posición del ingeniero y estos que estén enfocados hacia esta posición. Se observa en la figura 6.17 la colocación de los altavoces en la sala de control.

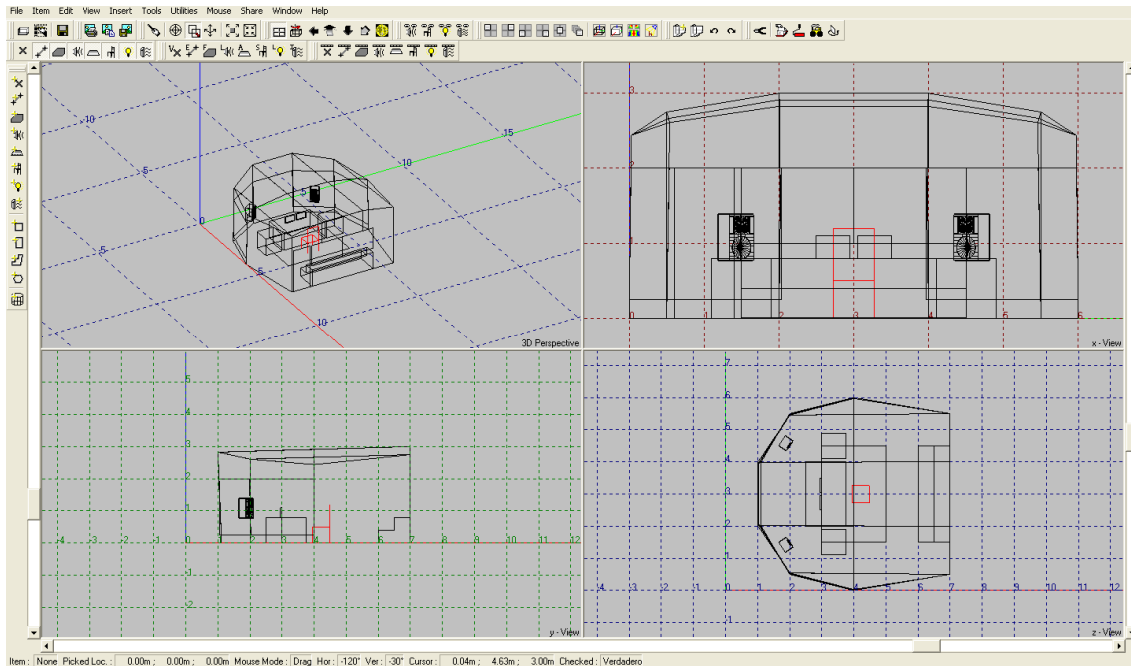


Fig. 6.17. Posición de los altavoces en la sala de control

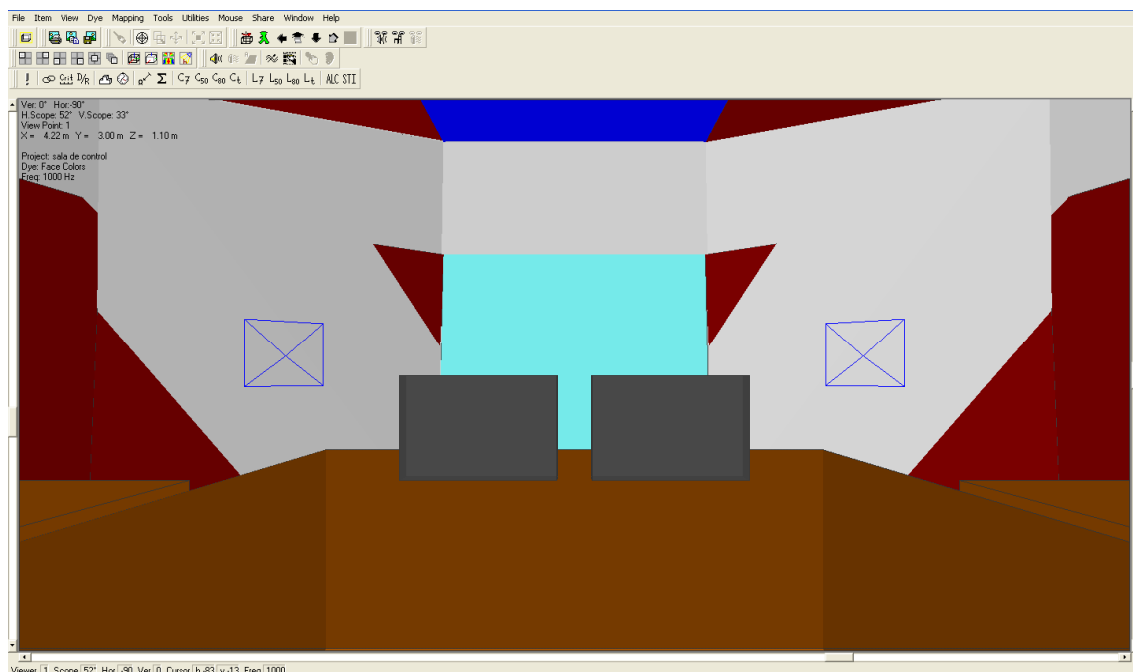


Fig. 6.18. Vista desde la posición del ingeniero

En la figura 6.18 se observa la posición de los altavoces desde el punto de vista del ingeniero. Los altavoces se ve que están enfocados hacia esta posición. En las figuras 6.19 y figura 6.20 nos da un detalle de la vista desde la posición de cada altavoz y se observa también que están dirigidos hacia la posición del ingeniero, formando así un triángulo equilátero.

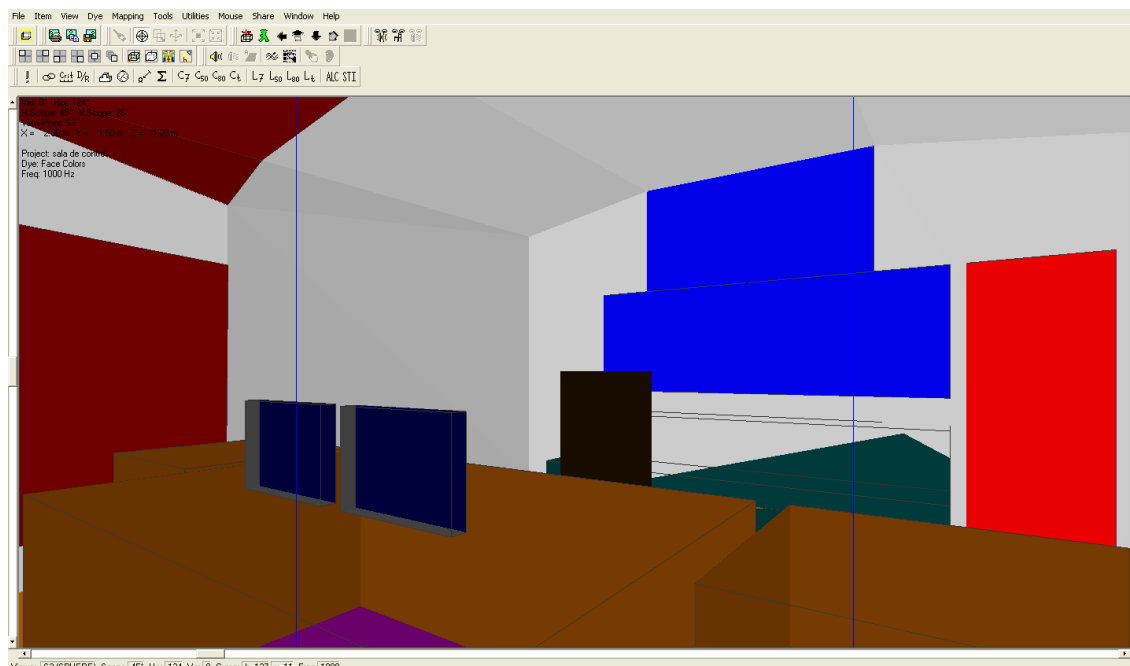


Fig. 6.19 Vista desde el altavoz izquierdo.

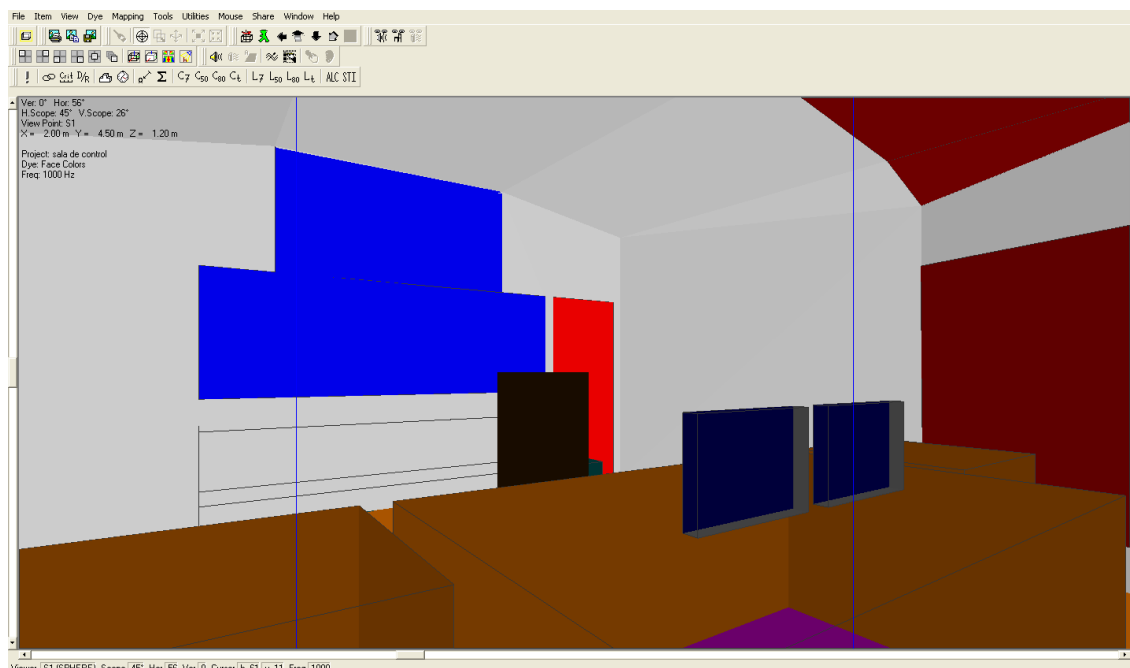


Fig. 6.20 Vista desde el altavoz derecho.

6.2.1 Nivel de presión sonora introducido en los altavoces para la simulación

Teniendo en cuenta que esta sala es una sala de control, el nivel de presión sonora que se introducirá en los altavoces será de 80 dB en todas las frecuencias. Este es un buen nivel ya que proporcionará unos valores en la simulación cercanos a la realidad. Los niveles en los que se suele trabajar en este tipo de salas suele rondar los 80 dB y por esto es que se escoge este valor. En la figura 6.21 se observan estos valores introducidos en los altavoces.

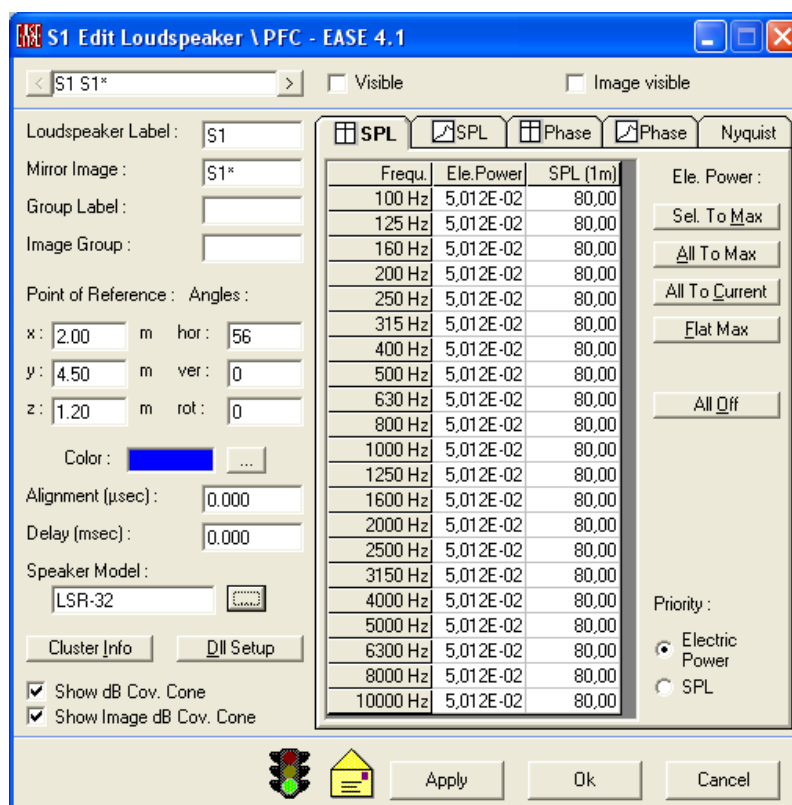


Fig. 6.21. Nivel de presión introducido en los altavoces de la sala de control

6.2.2 Directividad de los altavoces

Para aportar más información de los altavoces observamos también la directividad de estos en la figura 6.22.

Se observa que la directividad no es igual en todas las frecuencias. A frecuencias bajas el altavoz es menos direccional y conforme aumenta la frecuencia la directividad también. Este dato indica que si por ejemplo nos situamos detrás de los altavoces escucharemos menos las frecuencias altas. Por eso la posición ideal de escucha es delante de ellos y teniéndolos enfocados hacia la posición del ingeniero que es donde la escucha tiene que ser perfecta.

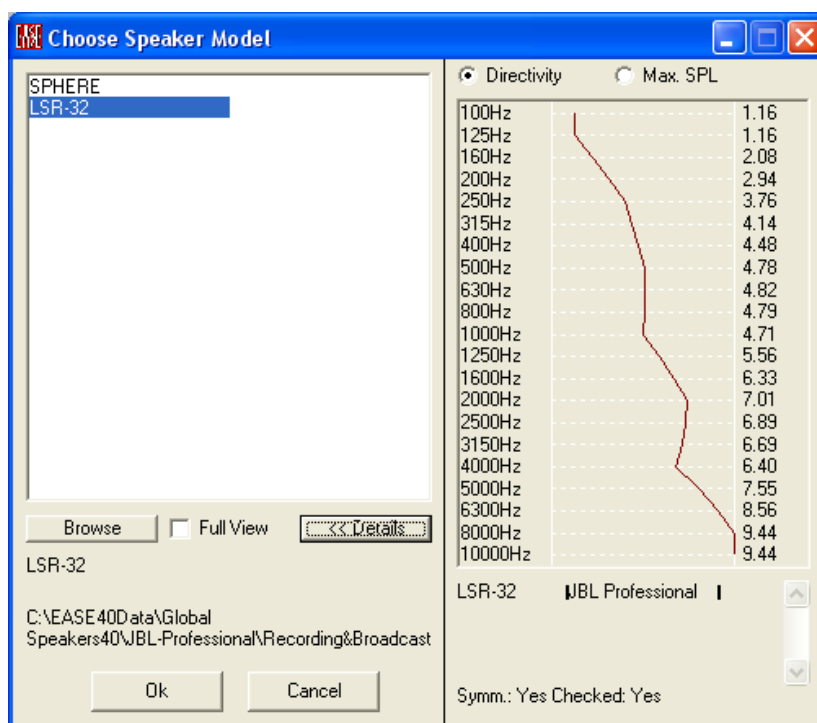


Fig. 6.22. Directividad de los altavoces

6.3 POSICION DEL ALTAVOZ EN LA SALA DE GRABACIÓN

En la sala de grabación se situará el altavoz en una zona central. De esta manera simulará el sonido que emite un instrumento para así poder realizar la simulación y ver las características de la sala. En la figura 6.23 aparece la situación del altavoz en la sala de grabación.

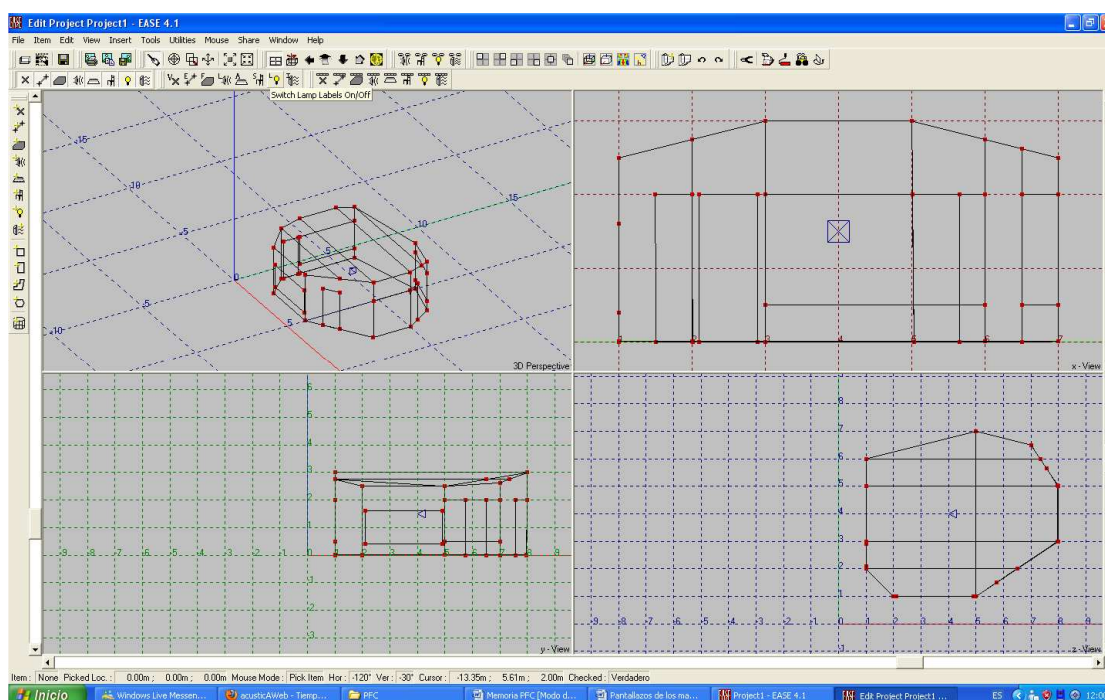


Fig. 6.23. Colocación del altavoz en la sala de grabación.

6.3.1 Nivel de presión sonora introducido en el altavoz para la simulación.

El nivel de presión que se introduce para la simulación es de 90 dB en todas las frecuencias (figura 6.25). Se introduce un nivel un poco mayor que en el caso de los altavoces de la sala de control ya que hay muchos instrumentos que emiten un nivel superior y otros inferior y se decide tomar un nivel medio aproximado.

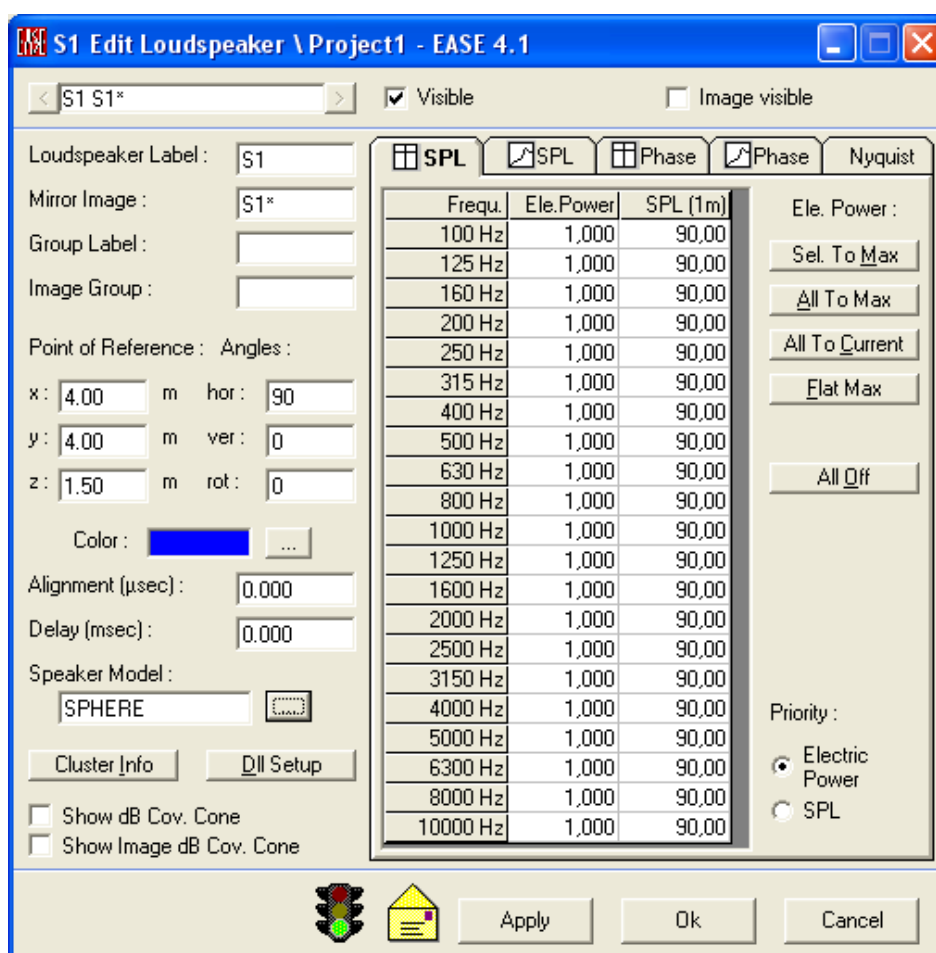


Fig. 6.25 Nivel de presión introducido por frecuencia.

6.3.2 Directividad del altavoz

El altavoz que se coloca tiene un patrón de directividad omnidireccional (figura 6.24), como muchos instrumentos. Es el tipo de altavoz que puede dar una referencia más real a la hora de realizar la simulación.

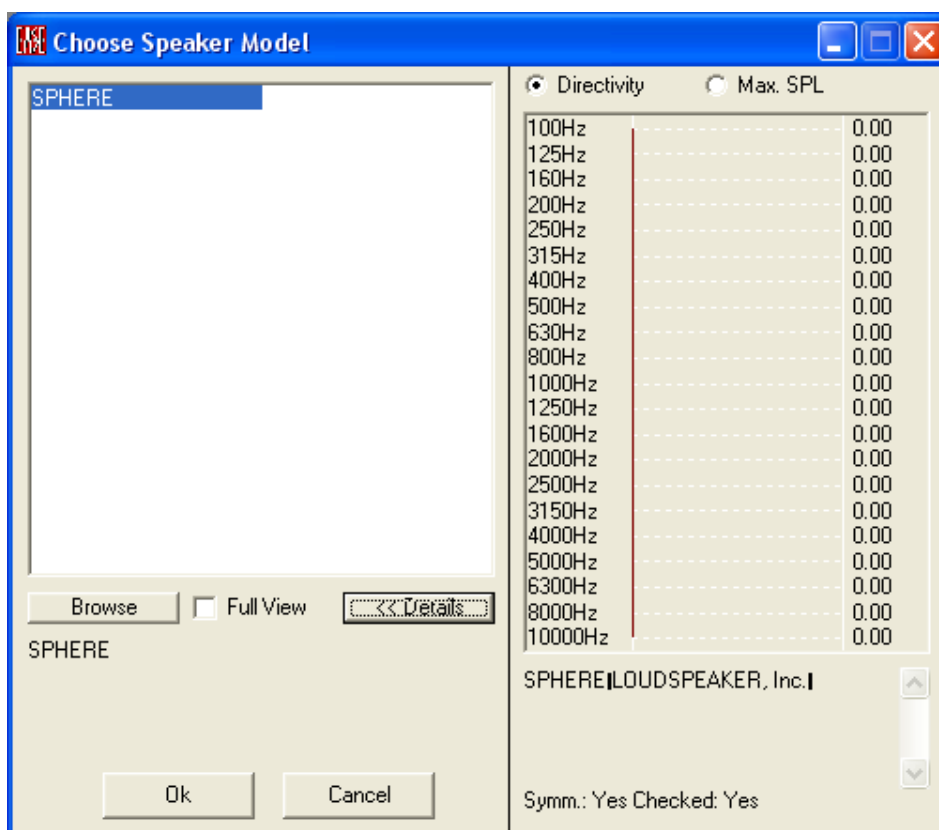


Fig. 6.24 Directividad del altavoz en la sala de grabación.

Una vez hecha la modelización de las diferentes salas e introducido los diferentes materiales y altavoces correspondientemente se realiza la simulación de los parámetros más importantes que influyen en este proyecto.

6.4 SIMULACION DE LA SALA DE CONTROL

Para la simulación de la sala de control se han tenido en cuenta las caras de la sala y la posición del ingeniero. Primero se realiza la simulación en las caras de la sala de control y posteriormente en la posición del ingeniero. Se ha elegido esta posición porque es donde la escucha tiene que ser prácticamente perfecta ya que el ingeniero es quien se va a encargar de tomar todas las decisiones a partir de la escucha que tenga en este punto. Pero antes de distinguir los parámetros en estas posiciones se observará el tiempo de reverberación de la sala de control.

6.4.1 Tiempo de reverberación

Se observa que el tiempo de reverberación oscila entre unos valores de 0.22s y 0.34s (figura 6.26). Estos valores son los adecuados para una sala de control de un estudio de grabación. En la siguiente tabla 6.1 se observan unos valores aconsejados.

Tipo de sala	TR mid
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de opera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (Música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia / catedral	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Tabla 6.1 Tiempos de reverberación aconsejados.

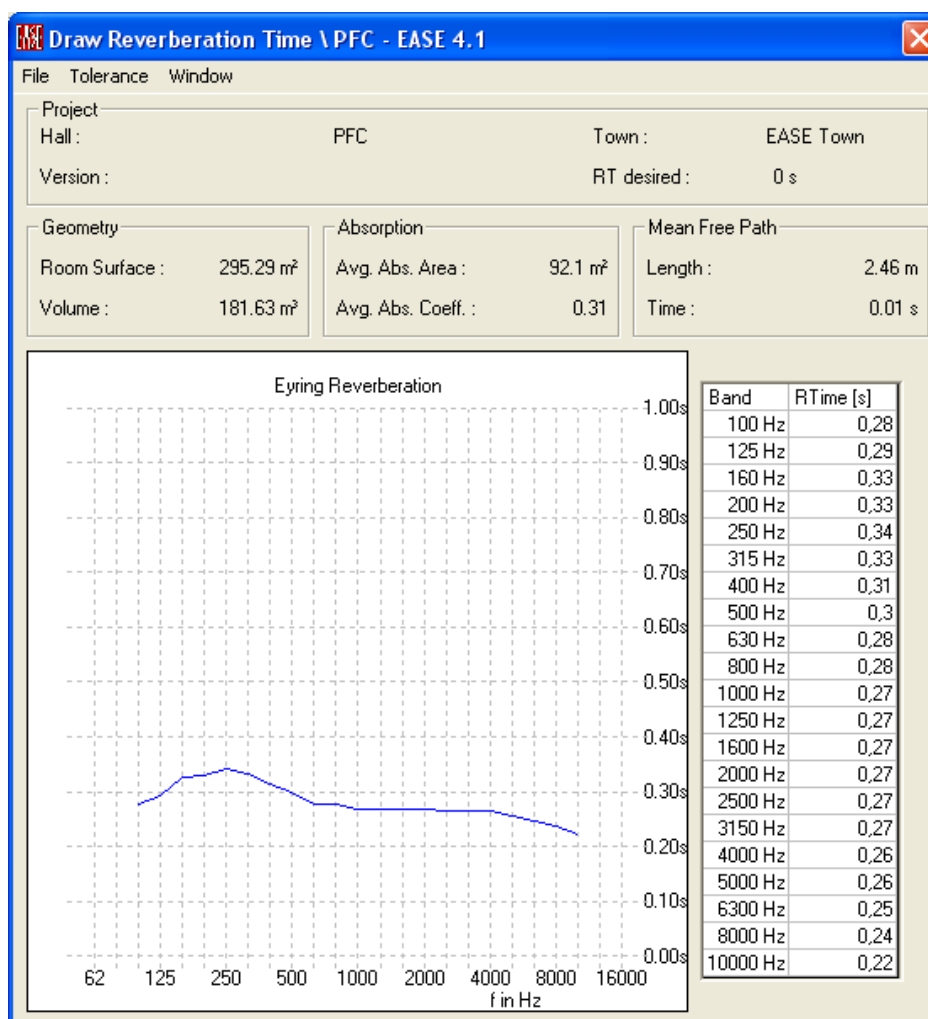


Fig. 6.26 Tiempo de reverberación de la sala de control

Con los materiales introducidos se ha conseguido que la curva del tiempo de reverberación sea bastante lineal respecto a la frecuencia y su valor no sea alto. La diferencia máxima la encontramos en las frecuencias de 10000 Hz frente a la de 250 Hz, que se diferencian en 0.12 s.

Se ha optimizado el tiempo de reverberación de la sala de control tomando como valores de referencia el locutorio de radio.

Para los demás parámetros se divide la simulación en dos partes, primero se simula en las caras de la sala y después en la posición del ingeniero.

6.4.2 Simulación en las caras de la sala

Ahora se podrá ver la simulación realizada en las caras de la sala de control y se podrá observar cómo se ven afectados los diferentes parámetros.

6.4.2.1 SPL directo

Se observa como el nivel de presión directa está bien repartido y llega de una manera uniforme a toda la sala. Se recibe un nivel de presión directa un poco más elevado en la zona que está justo delante de los altavoces y va disminuyendo con la distancia. Esto es normal ya que cerca de los altavoces siempre habrá un nivel más elevado. Pero los valores son óptimos. La mayoría de la sala se encuentra entre unos valores de 68 dB y 74dB, teniendo en cuenta que los altavoces están emitiendo a un nivel de 80dB se puede decir que los valores en la sala son buenos.

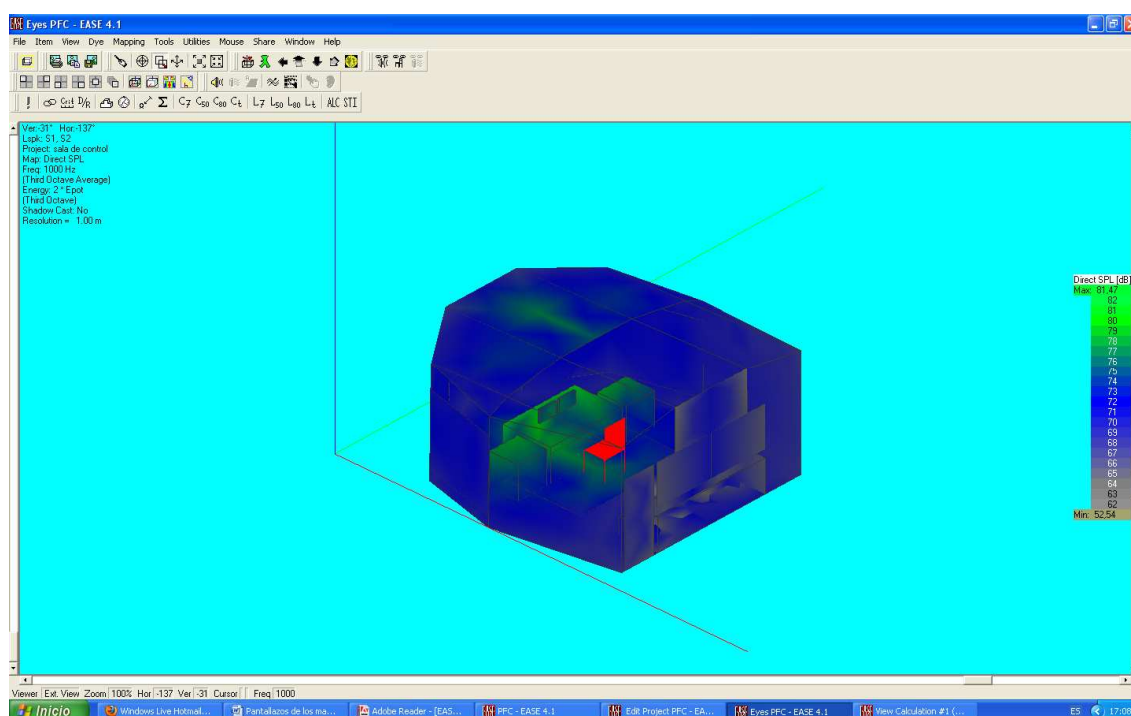


Fig. 6.27 SPL directo en la sala de control

En la figura 6.28 se observa con más detalle la distribución del SPL directo en la sala de control.

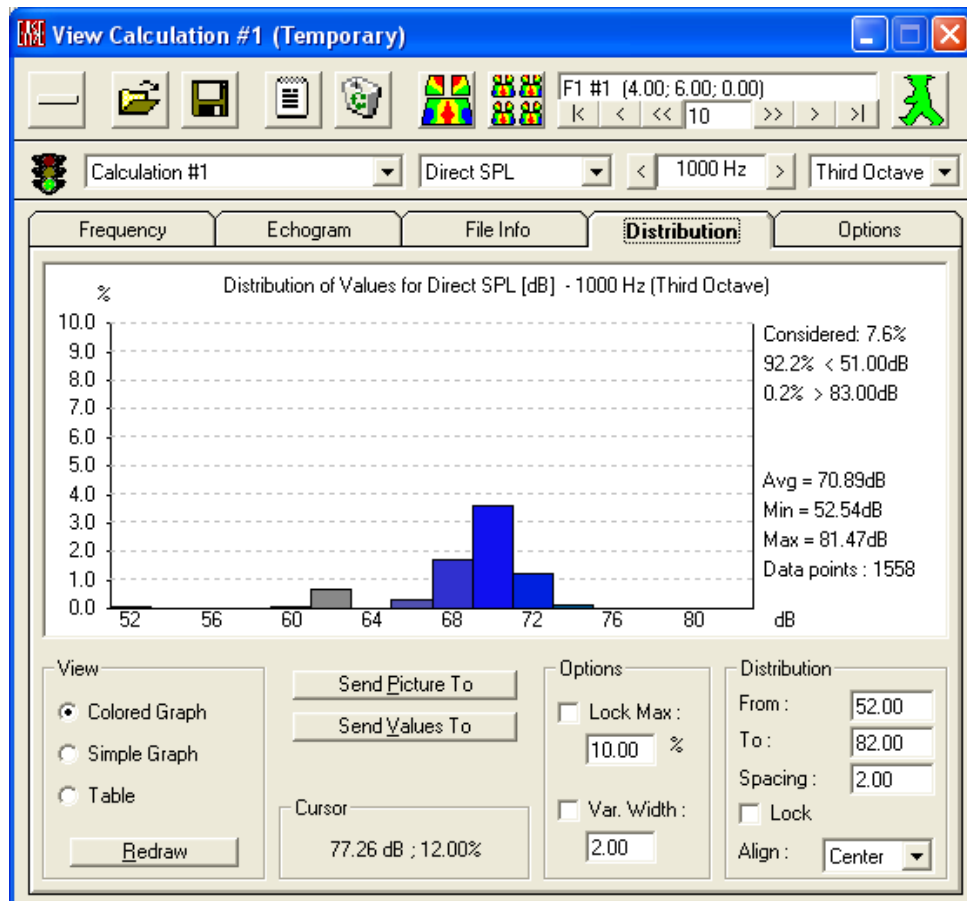


Fig. 6.28 Distribución del SPL directo en la sala de control.

6.4.2.2 SPL total

En el cálculo del nivel de presión total los valores están todavía repartidos de una manera más uniforme que los valores de nivel de presión directo (figura 6.29). Esto es debido a que ya en este parámetro se tienen en cuenta las reflexiones que se producen en la sala.

En la zona del ingeniero se observa que el nivel es un poco más elevado que en el resto de la sala, pero esto también es debido a la cercanía con los altavoces. La sala está entre unos niveles de presión total de entre 74dB y 76dB. Son valores muy correctos ya que no varía mucho el nivel de presión total a lo largo de la sala.

En la figura 6.30 se observa con más detalle la distribución del SPL total en la sala de control.

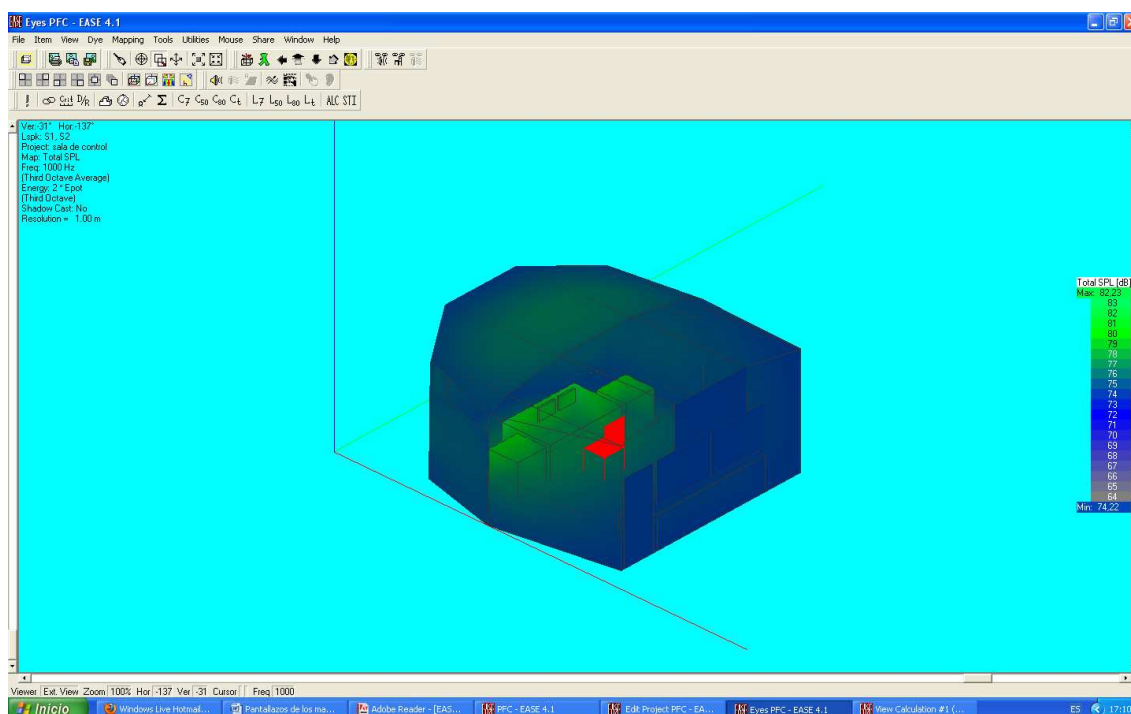


Fig. 6.29 SPL total en la sala de control

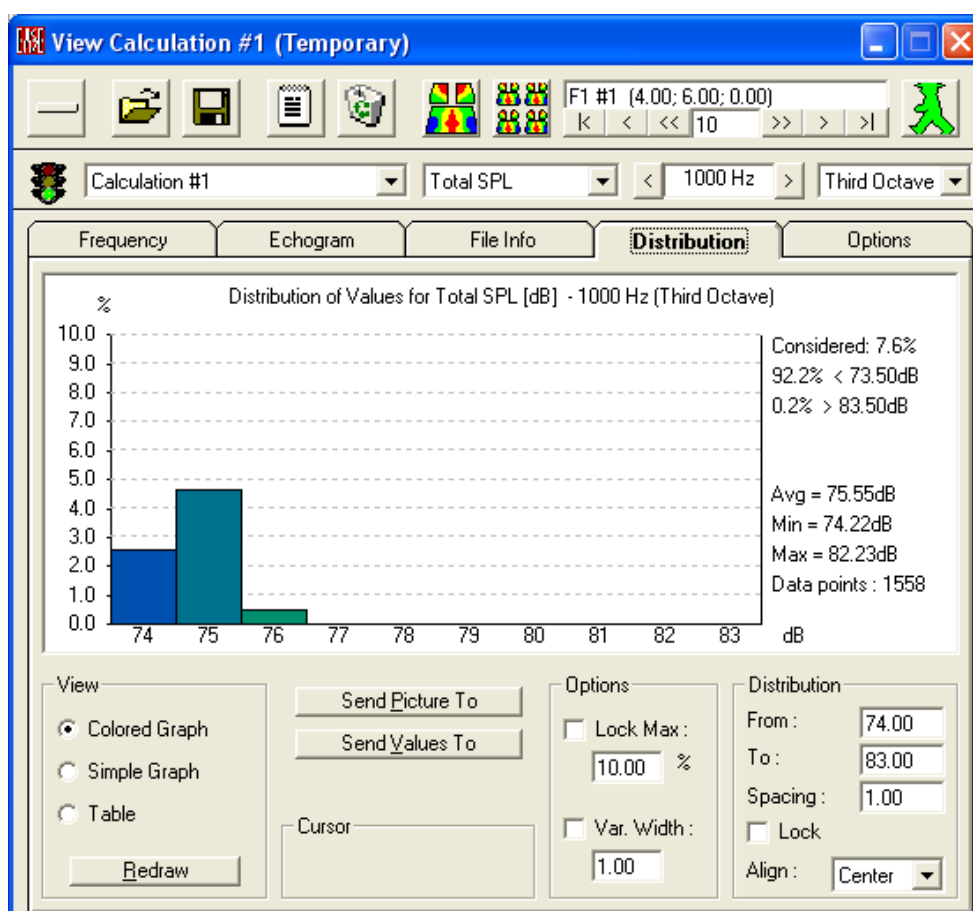


Fig. 6.30 Distribución del SPL total en la sala de control.



6.4.2.3 %ALCons

Los valores de referencia del parámetro %ALCons se pueden ver en las tablas 6.2 y 6.3.

<u>Valor</u> <u>%ALCONS</u>	<u>Inteligibilidad de la palabra</u>
0 - 3	Ideal
3 - 8	Muy bueno
8 - 11	Bueno
11 - 20	Pobre
20 - 100	Inaceptable

Tabla 6.2 Valores según W. Anhert y H. P. Tennhart [1]

<u>Valor</u> <u>%ALCONS</u>	<u>Inteligibilidad de la palabra</u>
0-3	Excelente
3-7	Bien
7-11	Aceptable
11-15	Pobre
+15	Inaceptable

Tabla 6.3 Valores según EASE

Observando los valores de la sala y teniendo en cuenta los de referencia, se puede decir que la sala tiene un %ALCons entre muy bueno e ideal según W. Anhert y H. P. Tennhart y bien y excelente según los parámetros de EASE ya que se encuentran en el rango de 2-4.

Prácticamente toda la sala se encuentra entre 3.4 y 2 que son unos valores muy buenos. La sala entonces tiene un nivel de pérdida de articulación de consonantes muy bajo.

En la figura 6.31 se observan los valores %ALCons en las caras de la sala de control. En la figura 6.32 se puede ver con más detalle la distribución de este parámetro en la sala.

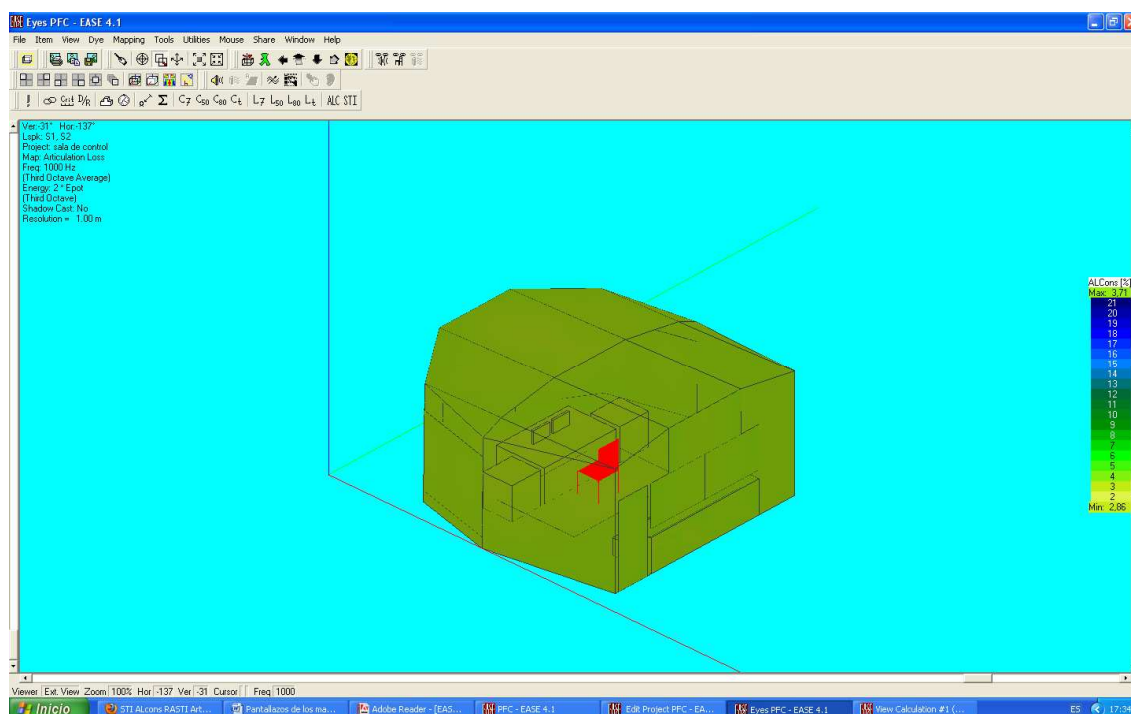


Fig. 6.31 %ALCons en la sala de control.

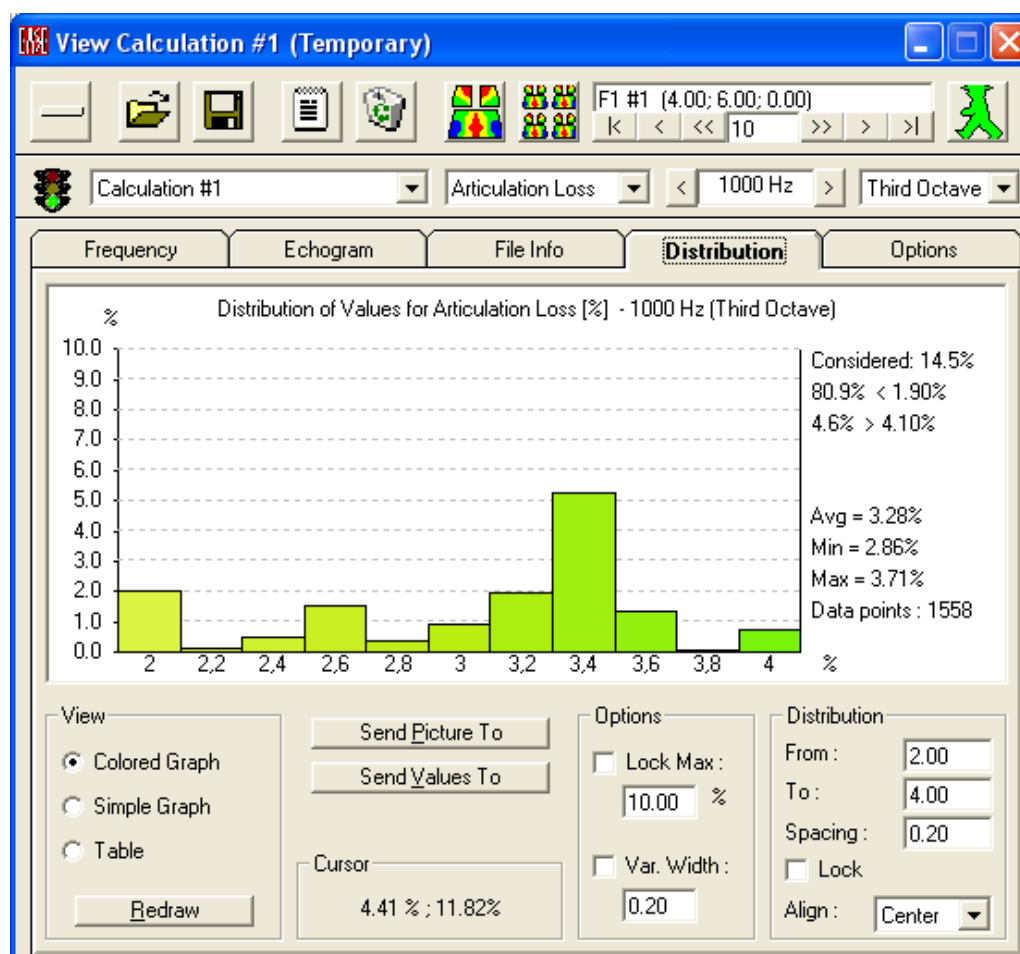


Fig. 6.32 Distribución del %ALCons en la sala de control.

6.4.2.3 STI/Rasti

Los valores de referencia para el parámetro STI/Rasti se observan en la tabla 6.4.

<u>Valor RASTI</u> <u>STI</u>	<u>Inteligibilidad de la palabra</u>
0.75 – 1	Excelente
0.6 – 0.75	Bien
0.45 – 0.6	Adecuado
0.3 – 0.45	Pobre
0 – 0.3	Inaceptable

Tabla 6.4 Valores de referencia de STI/Rasti.[1]

Prácticamente los valores que se obtienen en este parámetro están entre 0.71 y 0.73 que son unos valores buenos. Pero hay partes de la sala que tienen valores superiores, como por ejemplo en la posición del ingeniero, que como se verá más adelante, tiene un valor de 0.75 que es excelente. En la figura 6.33 se observa el STI/Rasti en las caras de la sala de control.

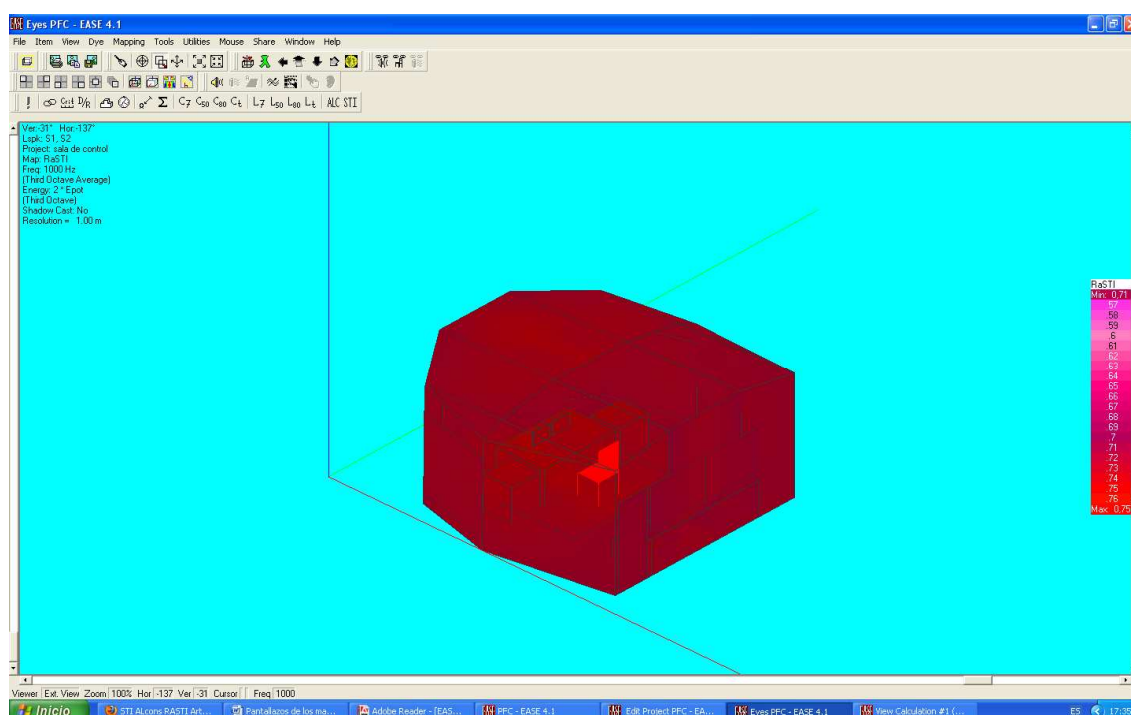


Fig. 6.33 STI/Rasti en las caras de la sala de control.

En la figura 6.34 se observa que los valores están bastante concentrados a lo largo de la sala.

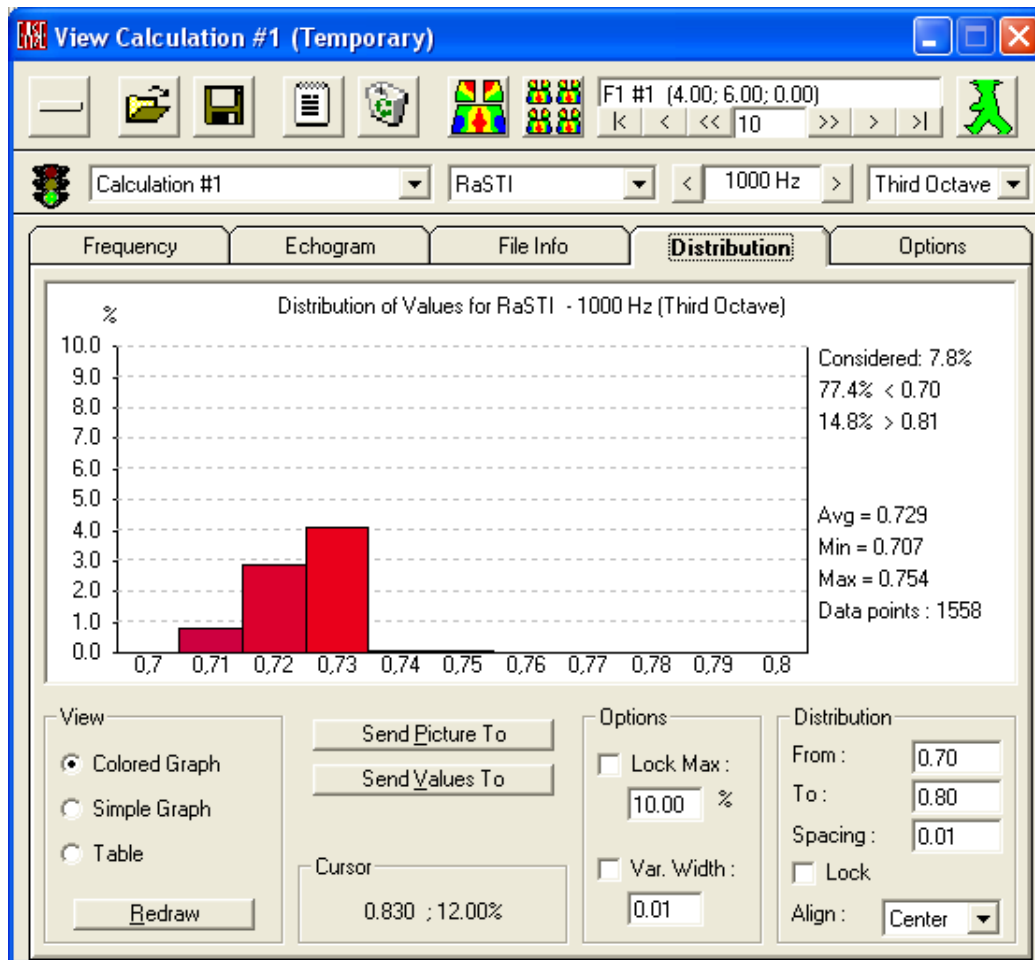


Fig. 6.34 Distribución de STI/Rasti en la sala de control.

6.4.2.4 ITD Gap

Los valores aconsejados según Beranek deben de ser inferiores a 20 ms en una posición central de escucha.

Se observa, en la figura 6.35 que en las posiciones centrales de la sala hay 0 ms, por lo que este parámetro es muy bueno en la sala ya que indica que prácticamente no hay tiempo desde que llega el sonido directo hasta que se recibe la primera reflexión significativa.

El resto de valores no superan los 9 ms dentro de la sala como se puede apreciar en la figura 6.36. Pero prácticamente en la totalidad de la sala el valor es de 0 ms.

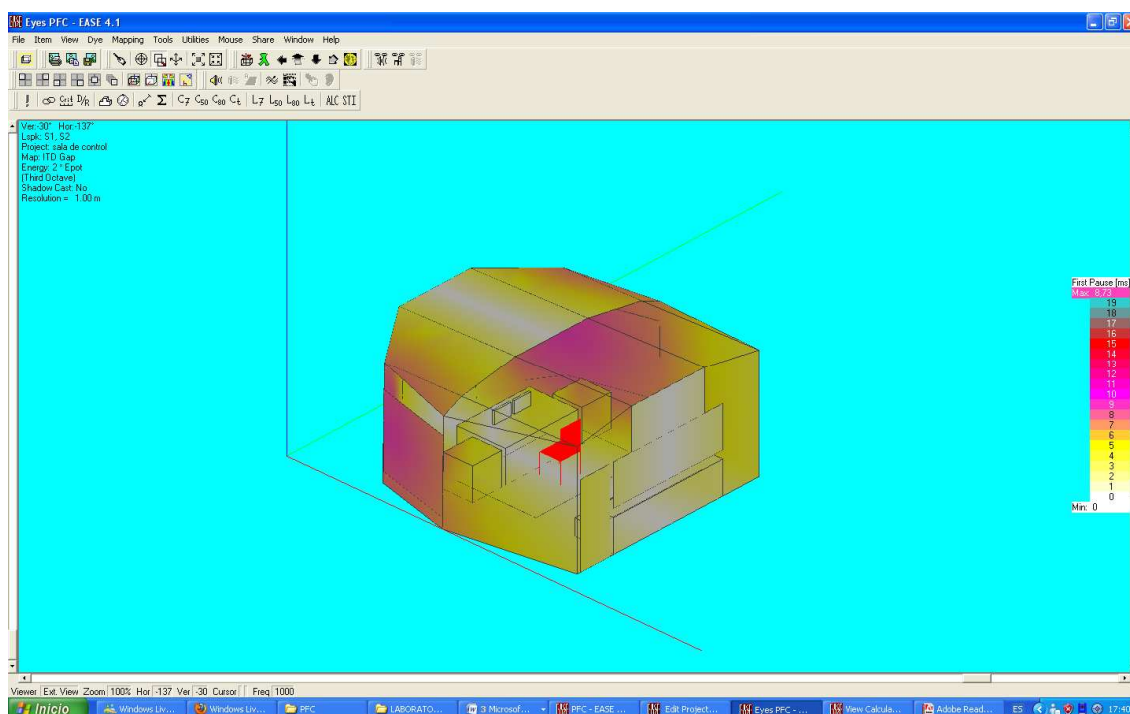


Fig 6.35 ITD Gap en la sala de control

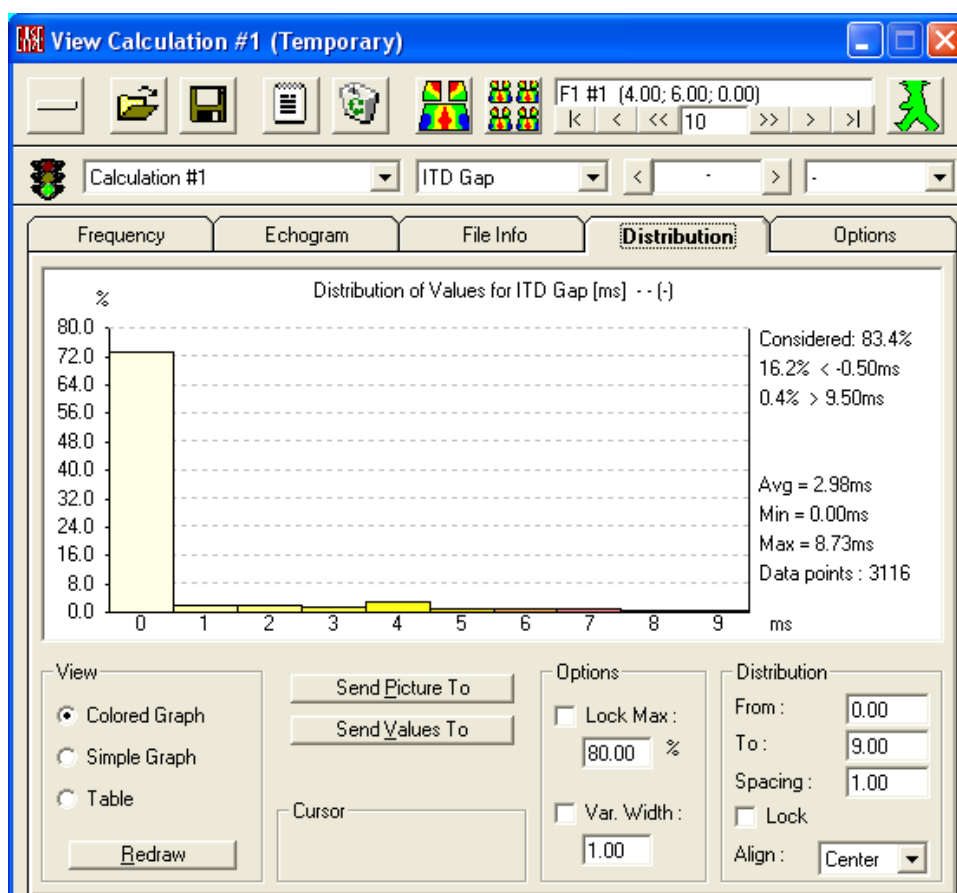


Fig. 6.36 Distribución del ITD Gap en la sala de control

6.4.2.5 Distancia crítica

La distancia crítica corresponde a la distancia que hay desde la fuente sonora hasta el punto en el que percibimos el sonido directo y el sonido reverberante con una misma intensidad. En el caso de la sala de control se observa como en la zona clara el sonido directo es mayor y la zona amarilla el sonido reverberante es mayor. La distancia crítica se encuentra en la frontera de esto dos colores. Esto se ve representado en la figura 6.37.

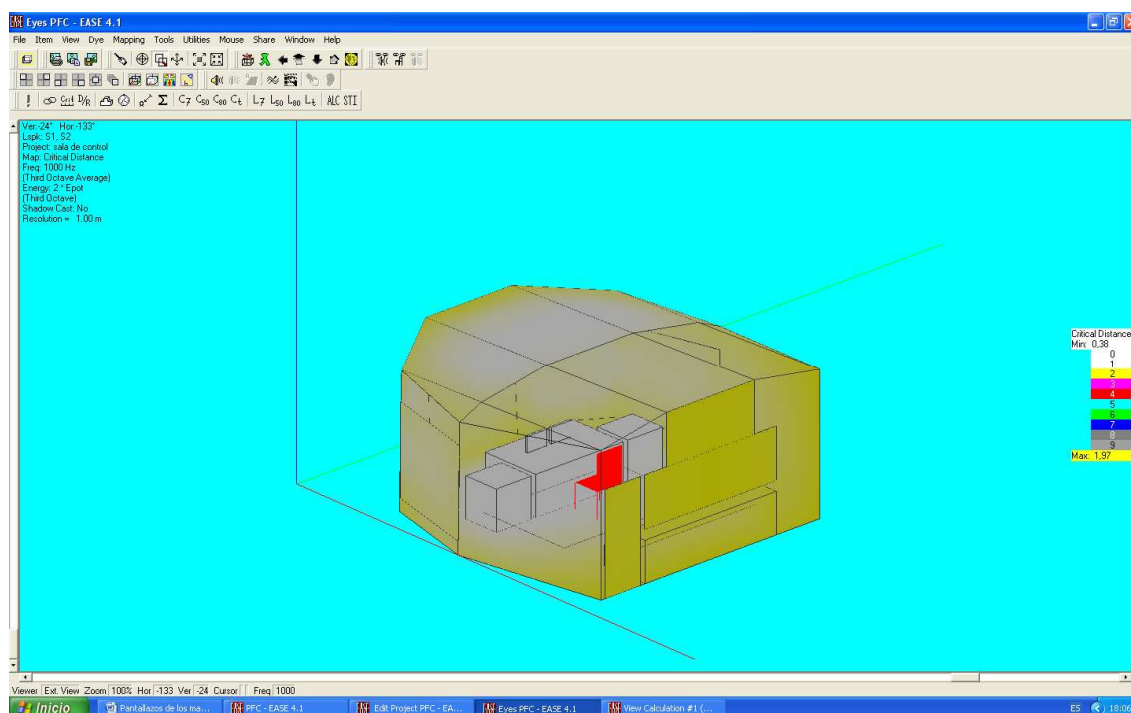


Fig. 6.37 Distancia crítica en la sala de control.

6.4.2.6 C50

Este es un parámetro de inteligibilidad de la palabra. Indica el nivel de energía que se percibe en los primeros 50 ms respecto al que se recibe después de este tiempo. Para este parámetro cualquier valor superior a 0 dB se considera bueno. Los valores que encontramos en la sala son de 9 dB a 14 dB, pero prácticamente toda la sala se encuentra entre 10 dB y 11 dB, que en cualquier caso son valores muy buenos.

En la figura 6.38 se pueden observar estos valores y en la figura 6.39 se observa que prácticamente toda la sala se encuentra entre los valores de 10 dB y 11 dB.

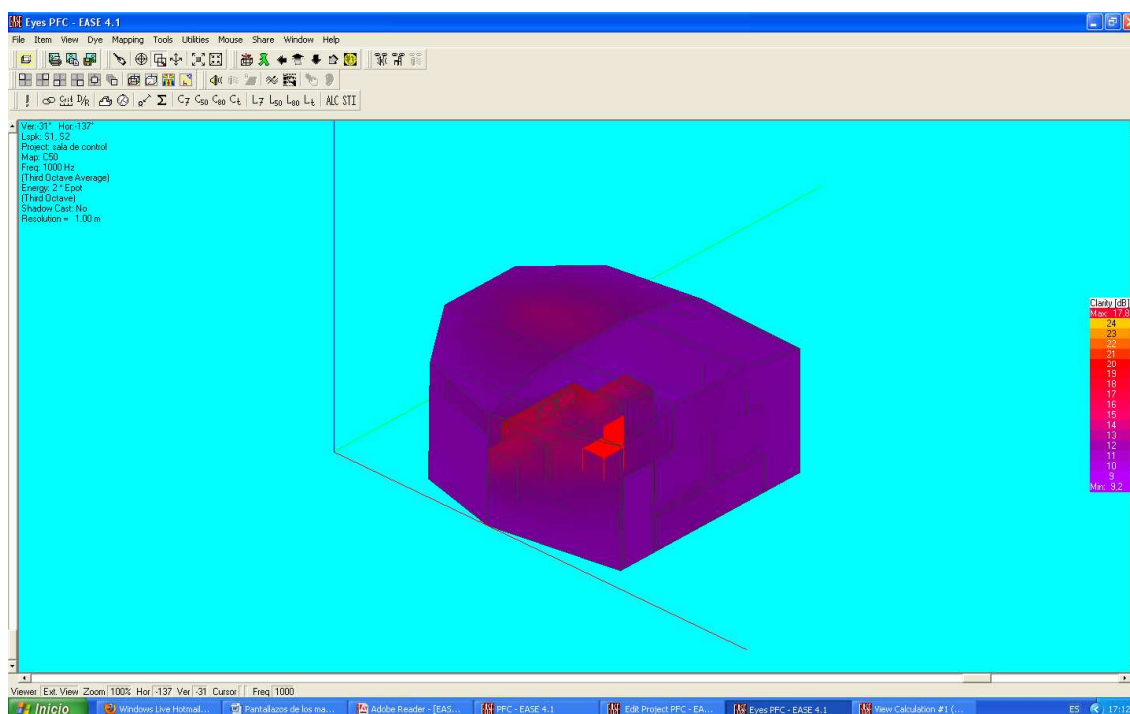


Fig. 6.38 C50 en la sala de control.

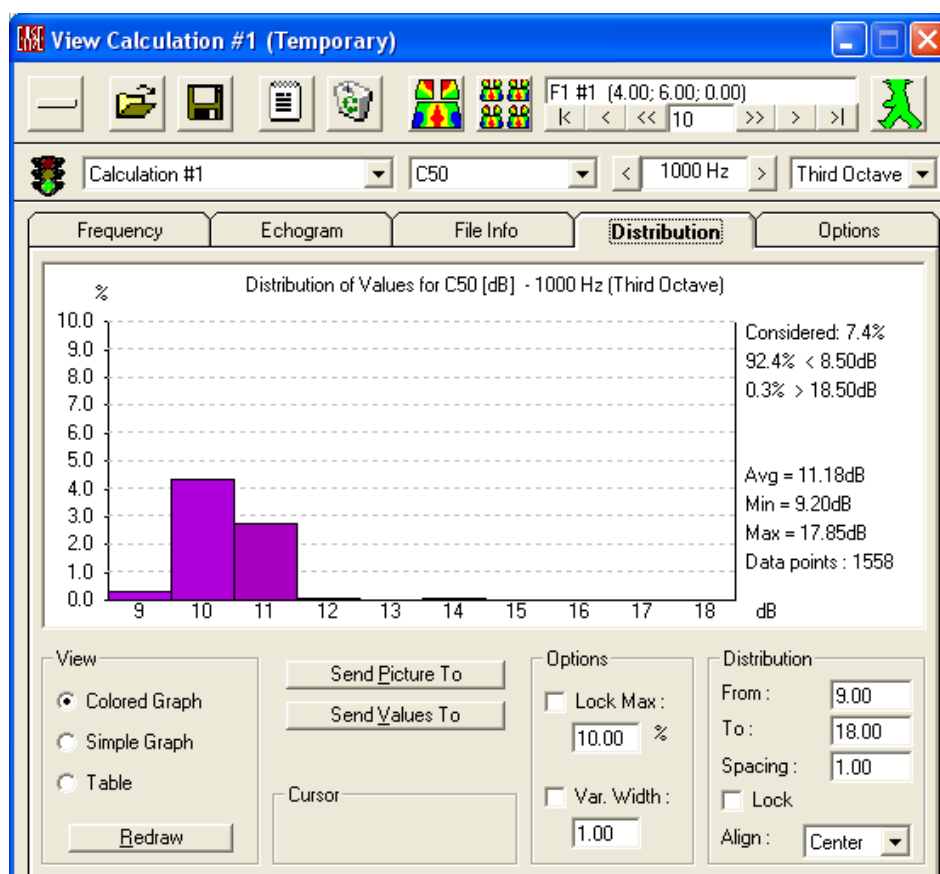


Fig. 6.39 Distribución del C50 en la sala de control.

6.4.2.7 C80

El C80 es un parámetro que nos indica la claridad de diferentes tipos de música. En otras palabras, dará una idea de cómo se comportará una sala utilizada para representaciones musicales. Esto dependerá del tipo de instrumento y del tipo de música que se interprete. Debido a que el estudio de grabación está enfocado a la grabación de grupos de Rock, Metal, es decir, música bastante fuerte y con mucha percusión el nivel de C80 debe de ser alto. Un nivel de referencia que nos proporciona EASE es de 6 dB +/- 2 dB. Los valores que tenemos en la sala oscilan entre 16 dB y 19 dB. Posiblemente son unos valores un poco elevados para este parámetro pero para los estilos de música que se van a grabar en el estudio no creo que sean malos.

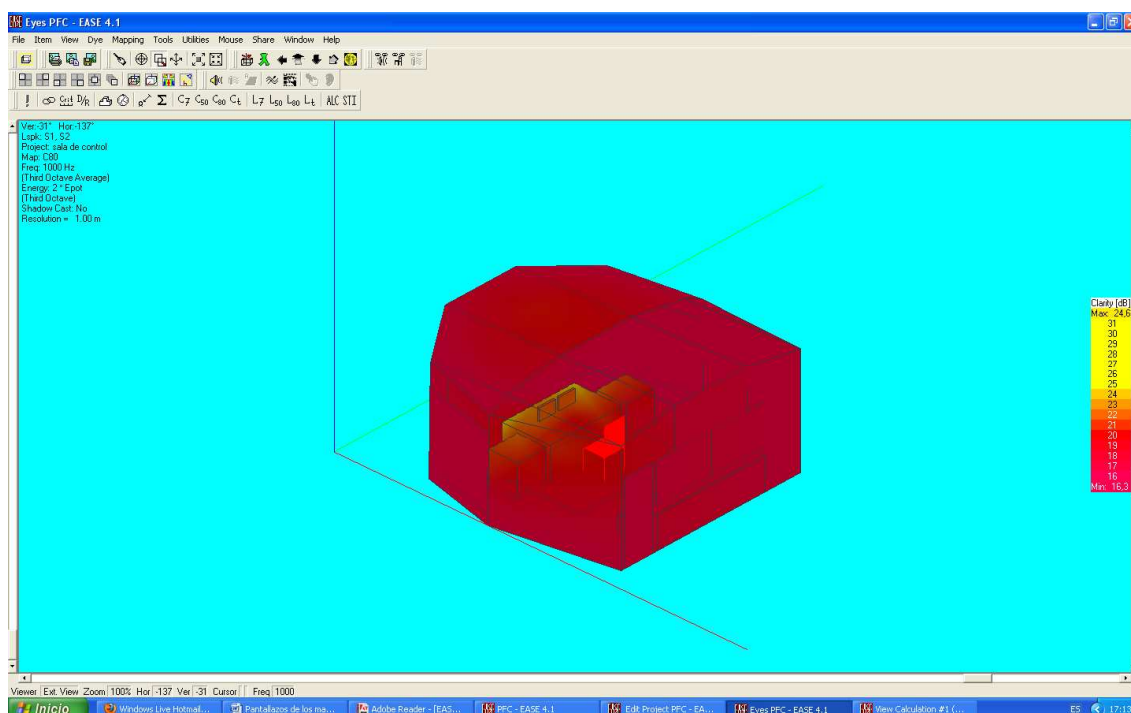


Fig. 6.40 C80 en la sala de control

En la figura 6.40 se observa el parámetro C80 en la sala de control. Al no ser una sala muy grande los valores de C80 son un poco elevados.

En la figura 6.41 se puede observar que prácticamente la totalidad de las caras de la sala de control están en un rango de valores de 17 dB a 18 dB.

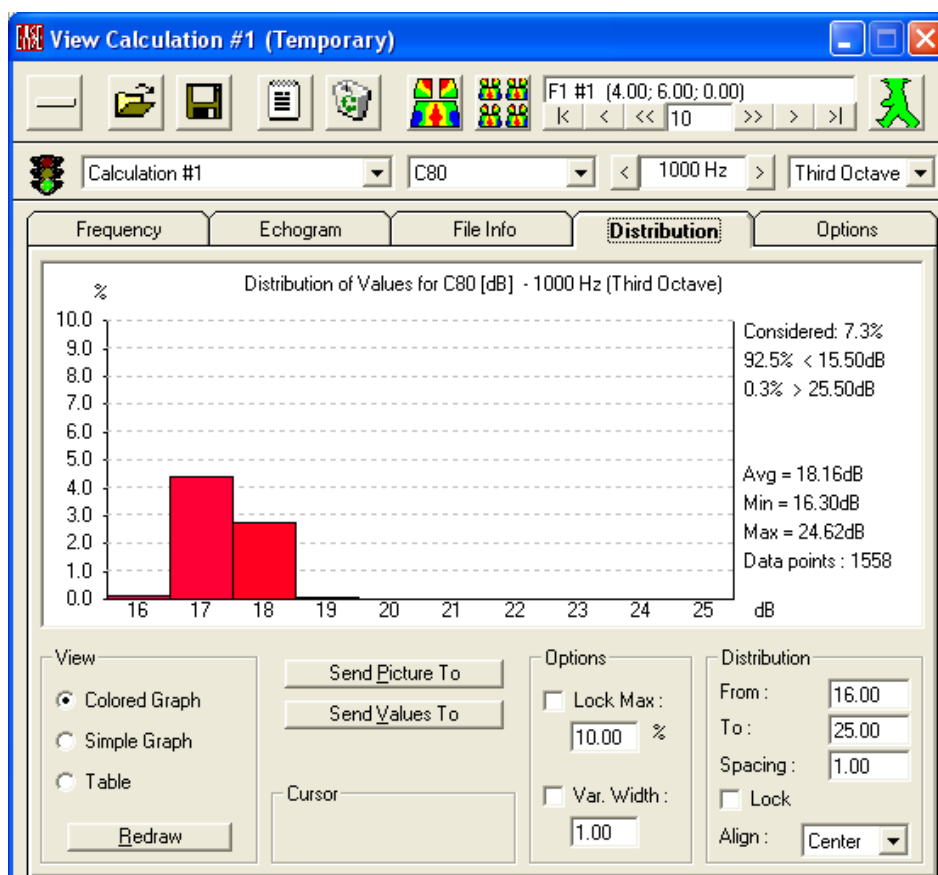


Fig. 6.41 Distribución del C80 en la sala de control.

6.4.2.8 Relación D/R

La relación D/R nos muestra la relación que hay entre sonido directo y reverberante en dB. Cero dB significa que los niveles son iguales. Números inferiores a 0 dB indican que el sonido reverberante es más alto que el directo, así como valores superiores a 0 dB indicarían lo contrario. Se observa que prácticamente la totalidad de la sala se encuentra en un valor muy cercano a 0 dB por lo que el nivel de sonido directo es muy parecido al nivel de sonido reverberante.

En la figura 6.42 queda representada la relación D/R de la sala de control. En las cercanías de la posición del ingeniero es donde se puede observar como el valor es muy cercano a 0 dB.

En la figura 6.43 se observa como prácticamente la sala se encuentra en un valor cercano a 0 dB.

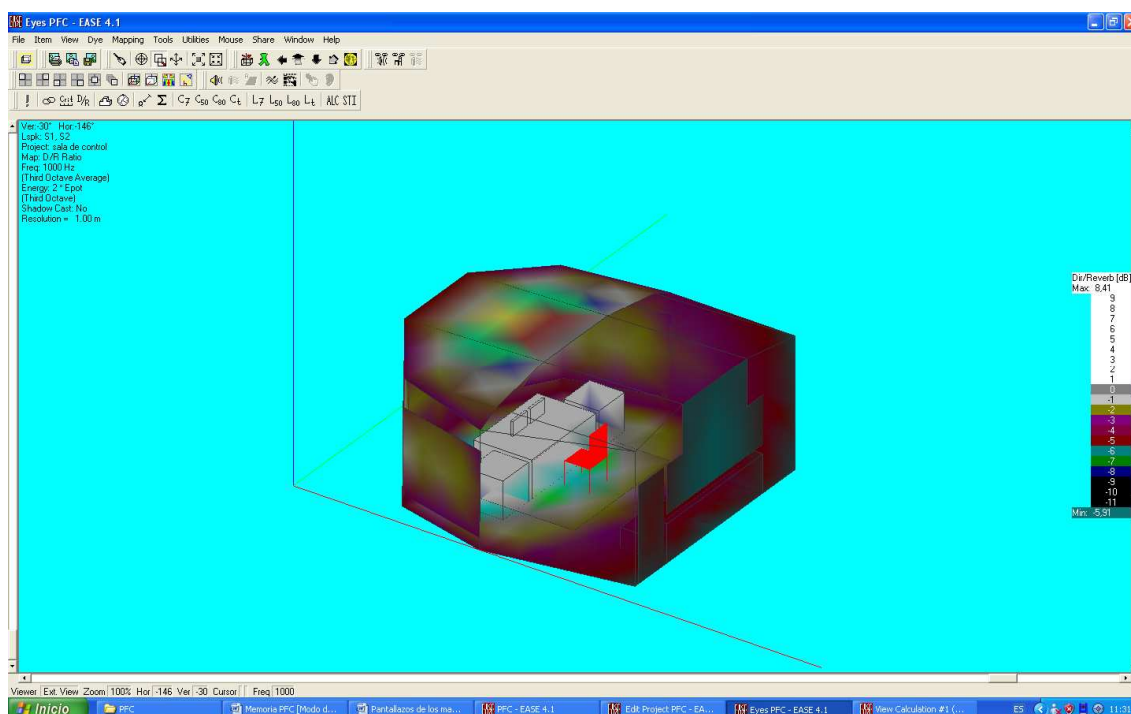


Fig. 6.42 Relación D/R en la sala de control.

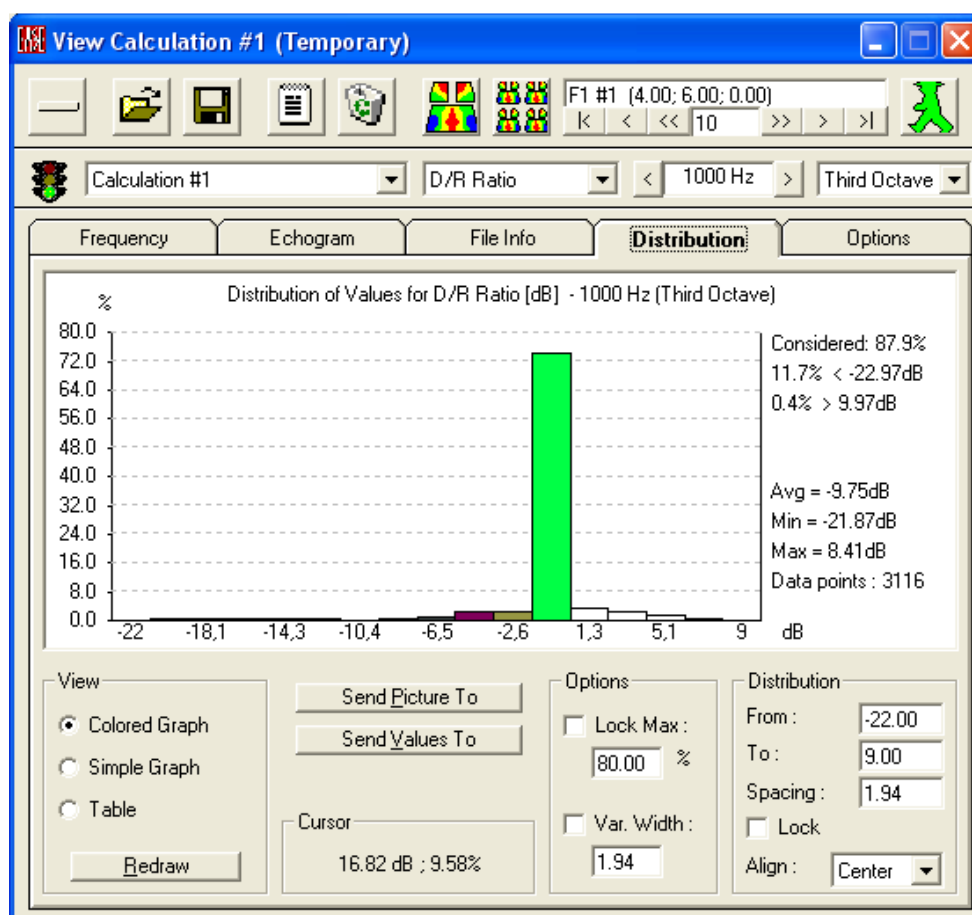


Fig. 6.43 Distribución de la relación D/R en la sala de control.

6.4.2.9 Tiempo de llegada

Muestra los tiempos de llegada del sonido directo de los altavoces en ms. Oscilan en la sala de 1 ms a 20.3 ms. Se puede llegar a la conclusión que no interfiere un altavoz sobre otro ya que el tiempo máximo de llegada es de 20.3 ms por lo que el oído humano integrara los dos sonidos y percibirá ese sonido como si fuera uno. En la figura 6.44 se ve como no oscila mucho el tiempo de llegada en las caras de la sala de control. En la figura 6.55 se observa con más detalle la distribución en la sala.

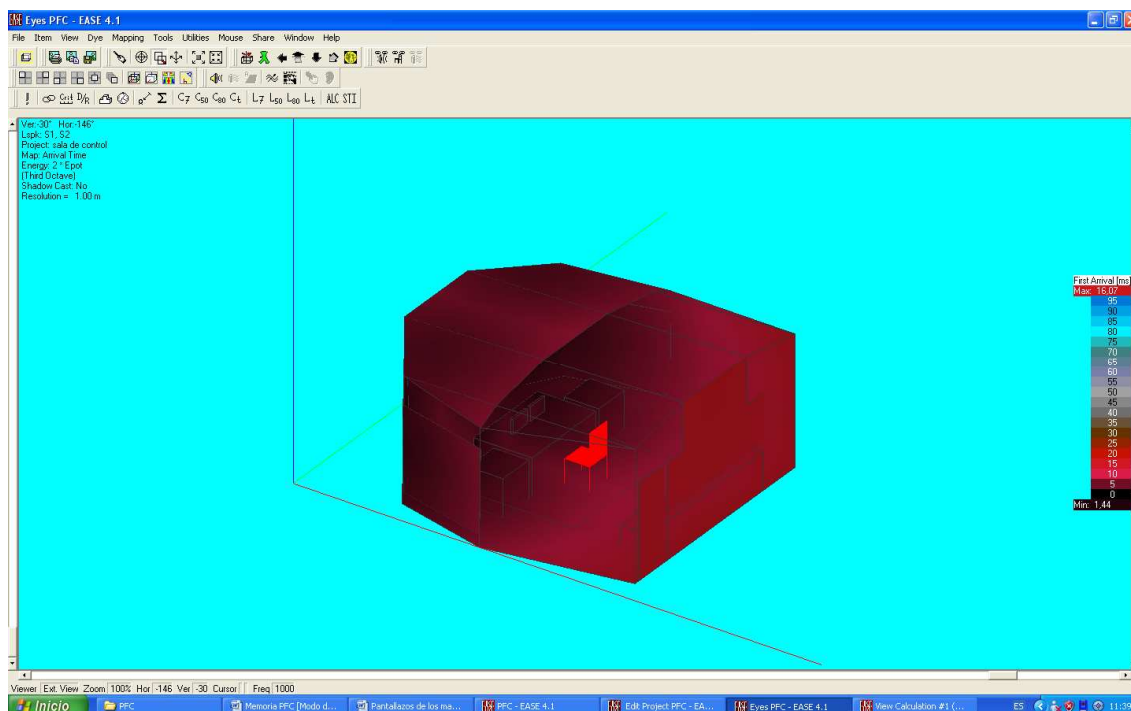


Fig. 6.44 Tiempo de llegada de los altavoces a las caras de la sala de control

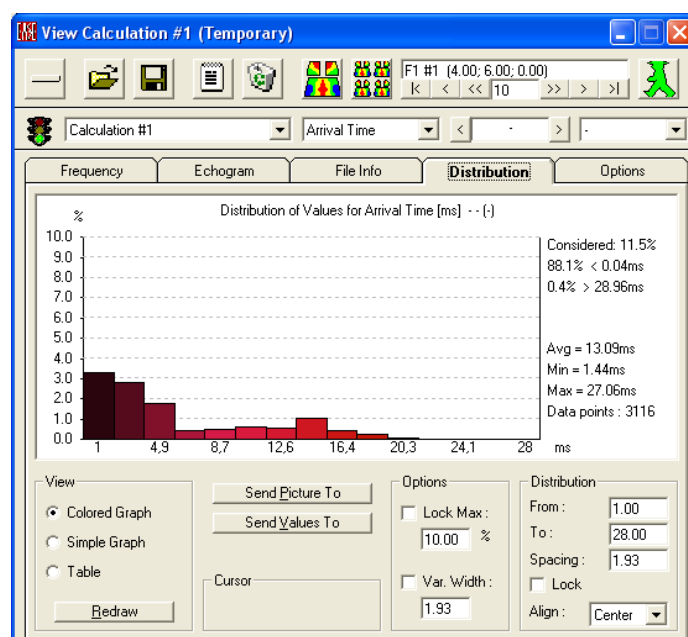


Fig. 6.45 Distribución del tiempo de llegad en la sala de control.

6.4.3 Simulación en la posición del ingeniero

A continuación seguiremos la simulación de la sala de control obteniendo los valores de los parámetros importantes en la posición del ingeniero. Esta posición es clave dentro de la sala de control ya que es donde se debe tener la mejor escucha para poder realizar un buen trabajo tanto de grabación como de mezcla.

6.4.3.1 SPL directo

Se observa, en la figura 6.46, que el valor de SPL directo que recibe el ingeniero es de 77.4 dB. Teniendo en cuenta que los altavoces están emitiendo un nivel de 80 dB, el nivel es bueno.

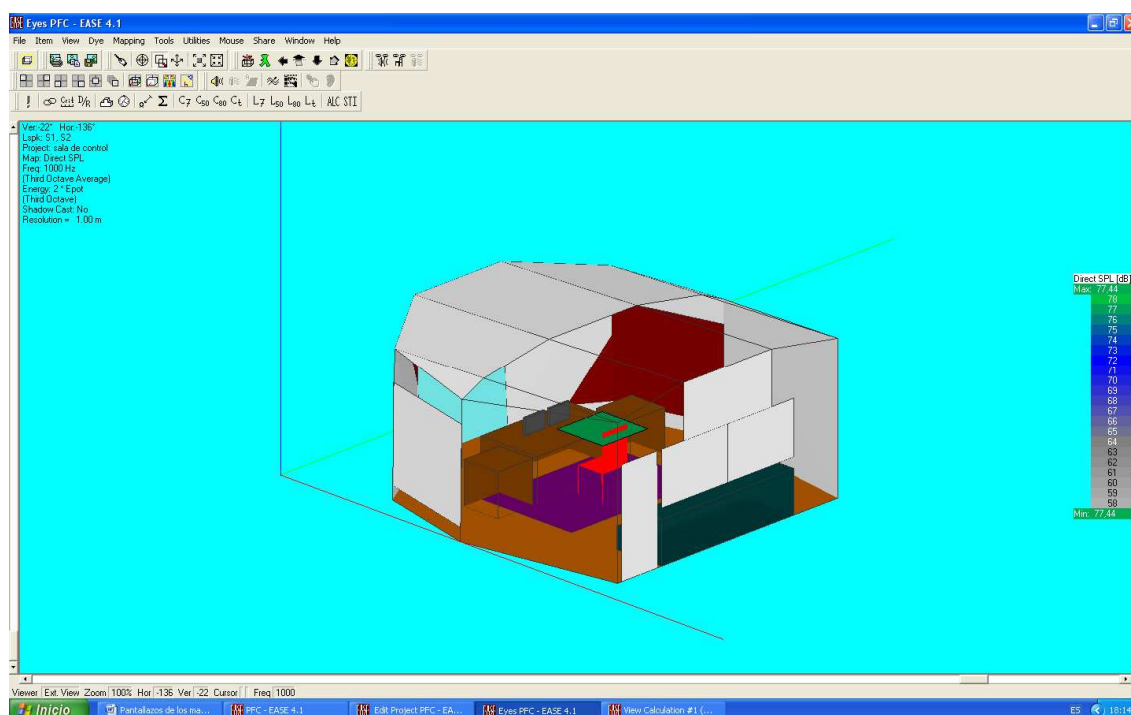


Fig. 6.46 SPL directo en la posición del ingeniero.

Se observa que en esta posición no se pierde mucho nivel de presión de los altavoces.

6.4.3.2 SPL total

El SPL total en la posición del ingeniero es de 76.9 dB. Es un poco menor que el SPL directo ya que se tienen en cuenta las reflexiones de la sala. Se ve que las reflexiones no contribuyen al SPL total. En la figura 6.47 se observa el nivel de SPL total que recibe el ingeniero. La variación de 0.5 dB.

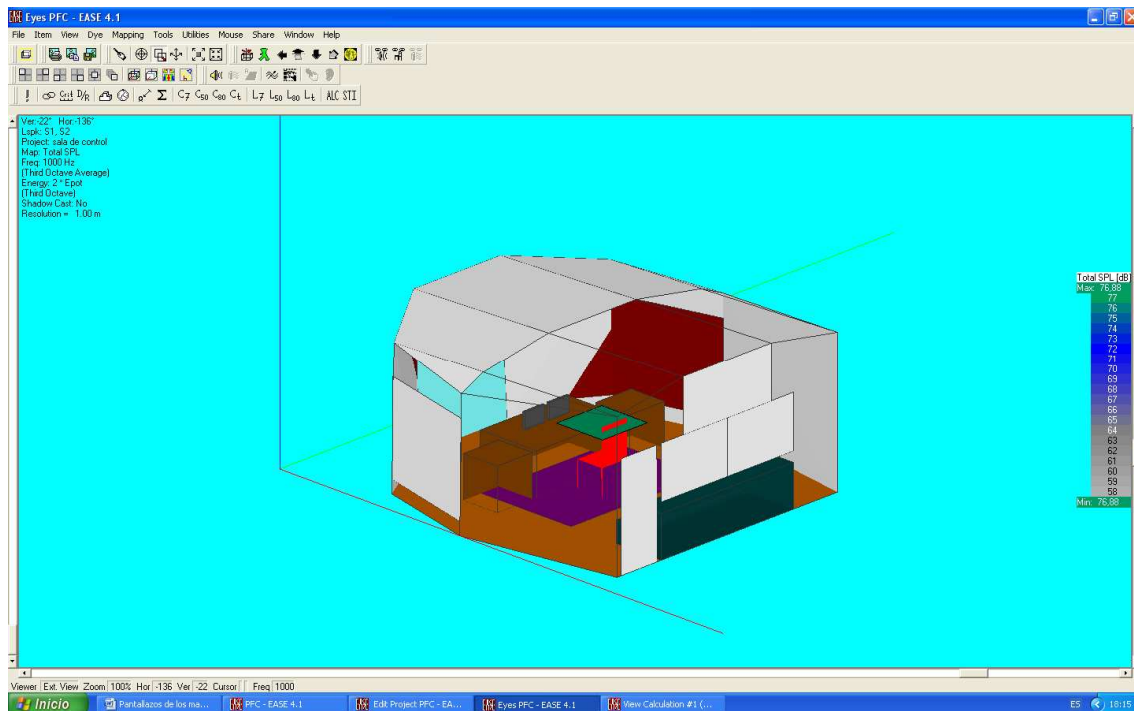


Fig. 6.48 SPL total en la posición del ingeniero.

6.4.3.3 %ALCons

Este parámetro en la posición de ingeniero es excelente. Hay un 3% de ALCons la perdida entonces de la articulación es muy baja, por lo que hay una gran inteligibilidad de la palabra. En la figura 6.49 observamos el valor.

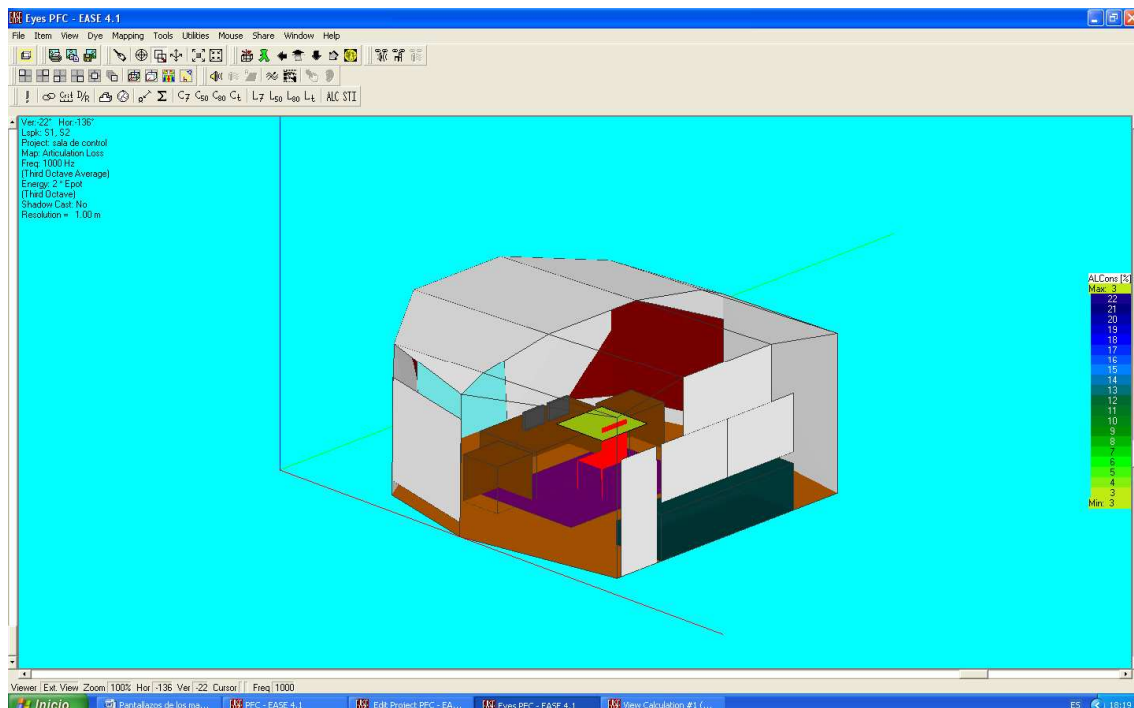


Fig. 6.49 %ALCons en la posición del ingeniero.

6.4.3.4 STI/Rasti

El valor de STI/Rasti es también muy bueno, ya que hay un 0.75 (figura 6.50) que ya entra en el rango de inteligibilidad de la palabra de bueno a excelente. Demuestra también que la inteligibilidad de la palabra en este punto de la sala es muy buena.

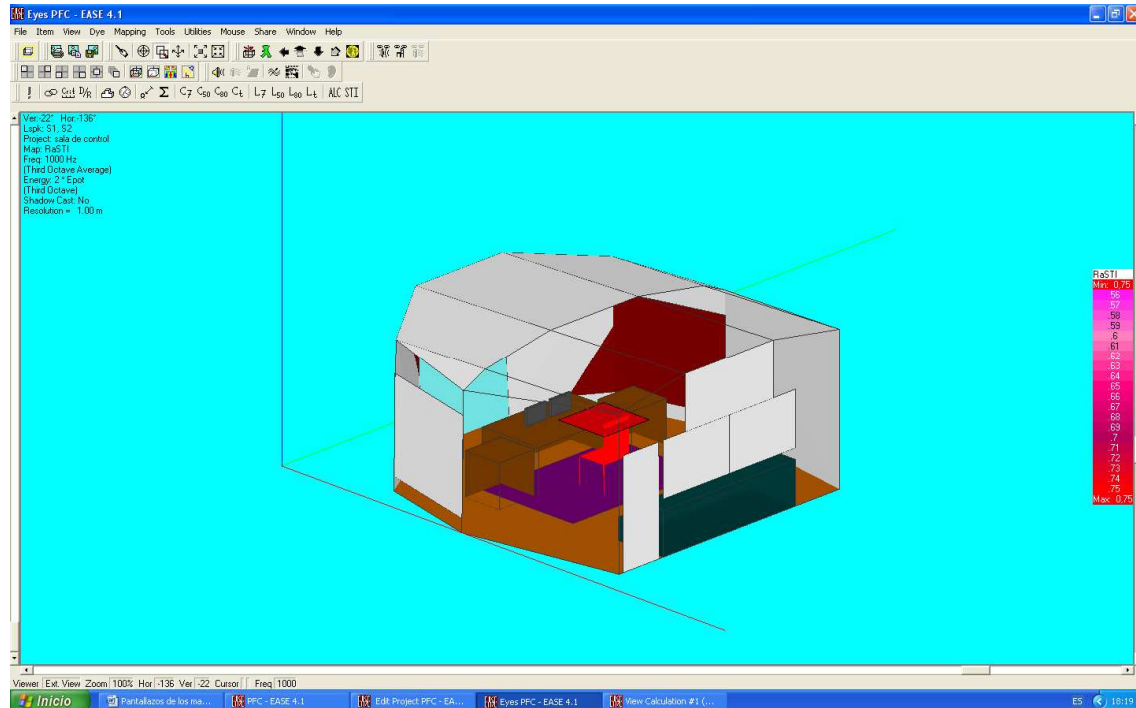


Fig. 6.50 STI/Rasti en la posición del ingeniero.

6.4.3.5 ITD Gap

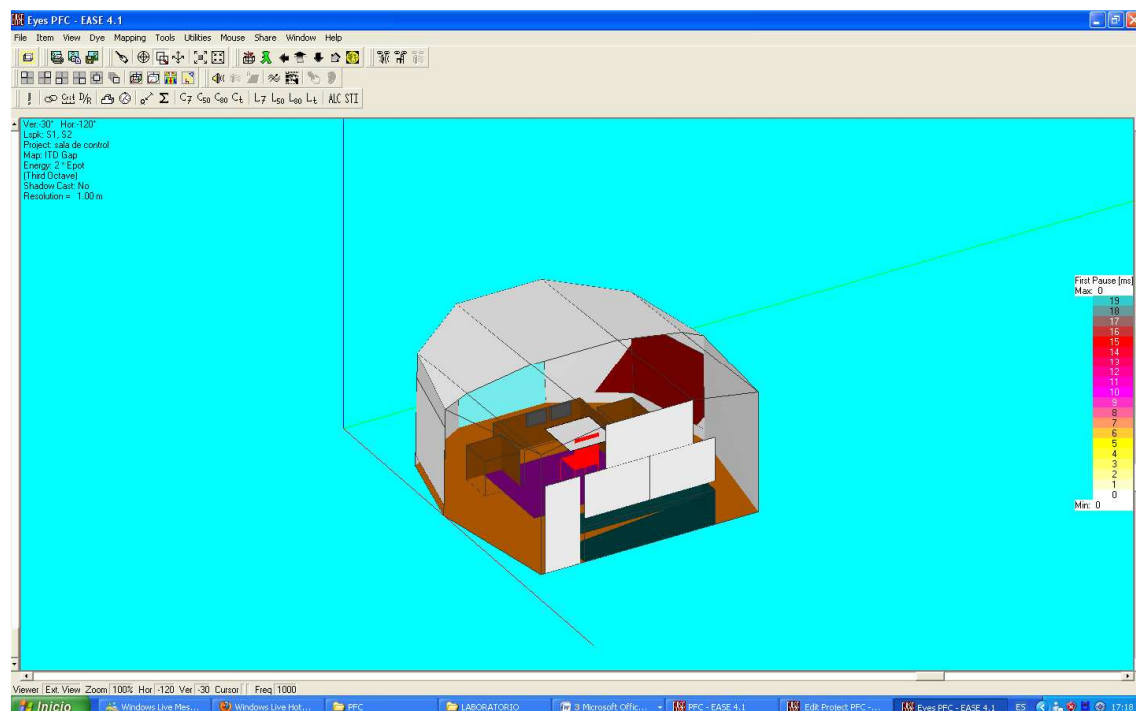


Fig. 6.51 ITD Gap en la posición del ingeniero.

Los valores buenos deben ser inferiores a 20 ms. En la posición del ingeniero el valor obtenido es de 0 ms, se observa en la figura 6.51. Es una posición central de escucha por lo que según Beranek este es un valor bueno.

6.4.3.6 C50

La inteligibilidad en este punto de la sala es buena ya que hay un valor superior a 0 dB, se observa en la figura 6.52 que el valor es de 13.5 dB. Cualquier valor superior a 0dB es bueno.

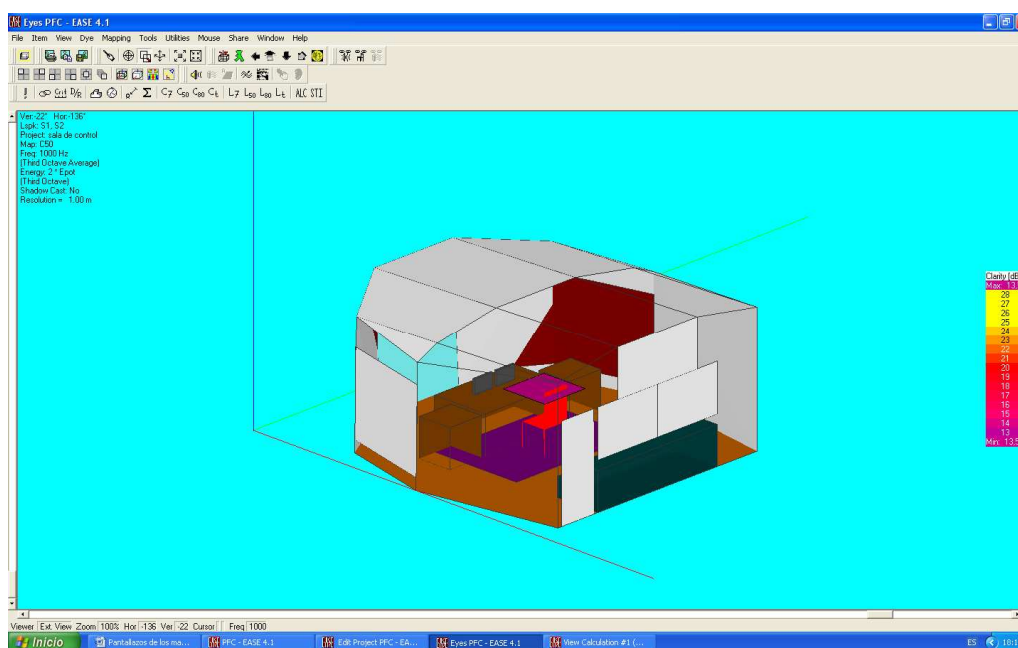


Fig. 6.52 C50 en la posición del ingeniero.

6.4.3.7 C80

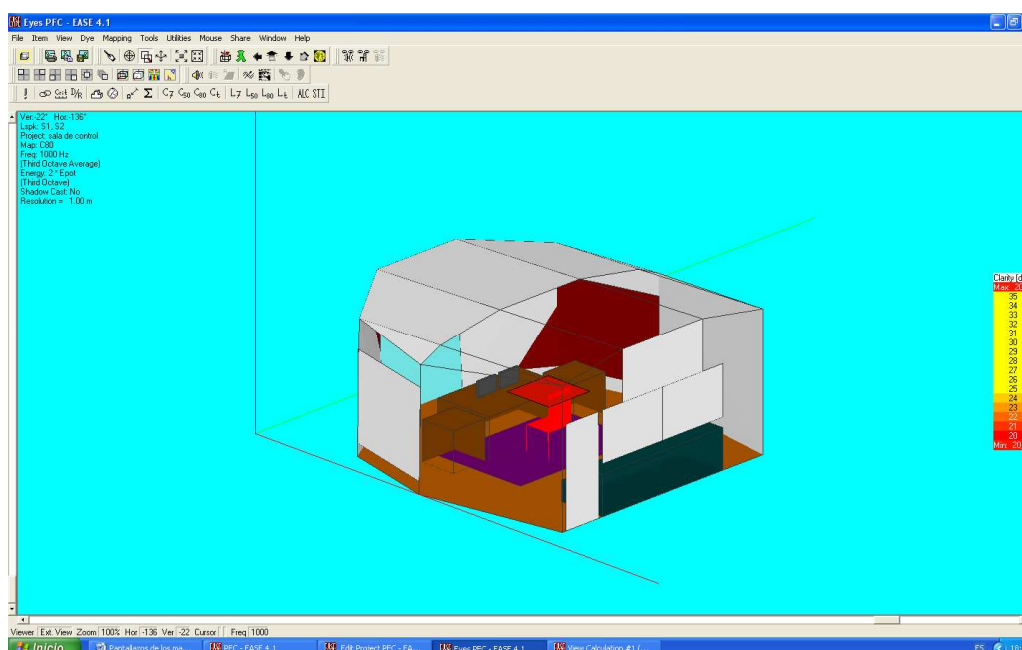


Fig. 6.53 C80 en la posición del ingeniero.

En esta posición el valor es de 20.4 dB. Para el C80 puede parecer un poco elevado pero para el estilo de música que se quiere grabar en el estudio este valor es normal. Además al ser una sala no muy grande es normal que se obtengan valores elevados. Se observa el valor en la figura 6.53.

6.4.3.8 Relación D/R

Para la posición del ingeniero se observa que el nivel de sonido directo es un poco mayor que el nivel de sonido reverberante. El nivel de relación D/R es de 1.2 dB. Esto es bueno porque así el ingeniero tiene una referencia de lo que suena más real y no tan influenciada por la acústica de la sala. En la figura 6.54 se observa este valor.

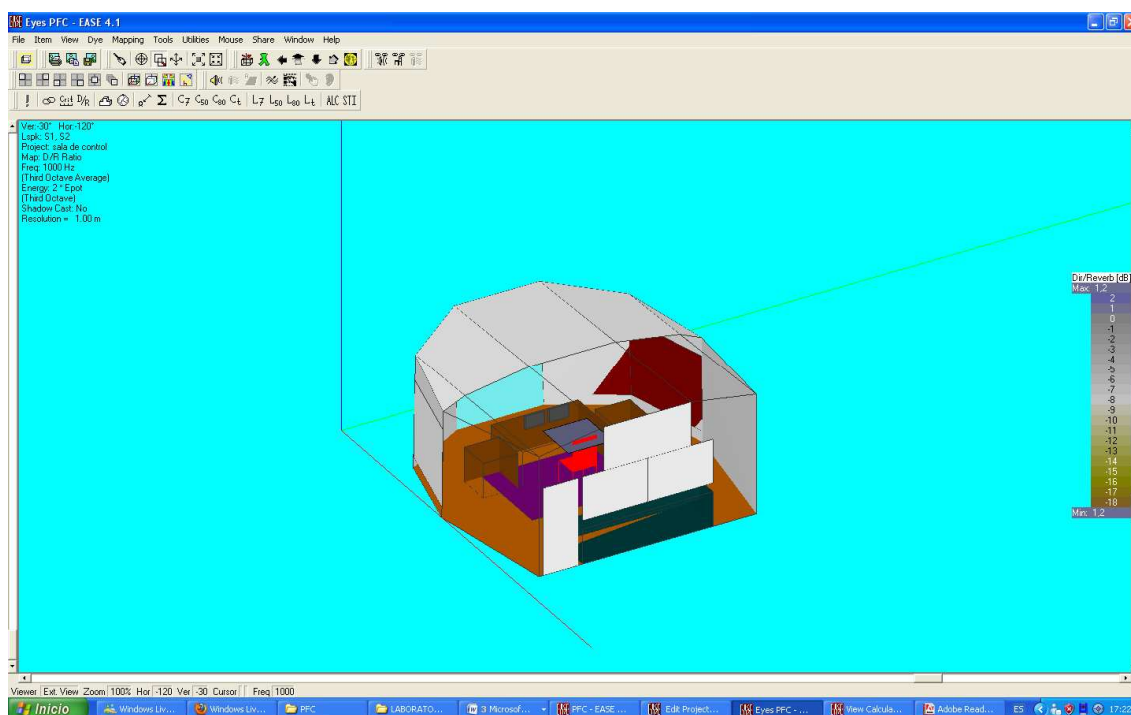


Fig. 6.54 Relación D/R en la posición del ingeniero.

6.5 SIMULACION DE LA SALA DE GRABACIÓN

A continuación se realiza la simulación de la sala de grabación. Se ha colocado un altavoz omnidireccional en la zona central de la sala para que este simule un instrumento. De este modo se observarán las características de la sala y obtendremos información de los parámetros importantes.

6.5.1 Tiempo de reverberación

Se observa que el tiempo de reverberación de la sala es bastante lineal. Los valores oscilan entre 0.25 s y 0.37 s. La respuesta de la sala en este parámetro es la deseada. En la figura 6.55 se observa el tiempo de reverberación por frecuencias y algunas características de la sala como el volumen y la superficie que tiene.

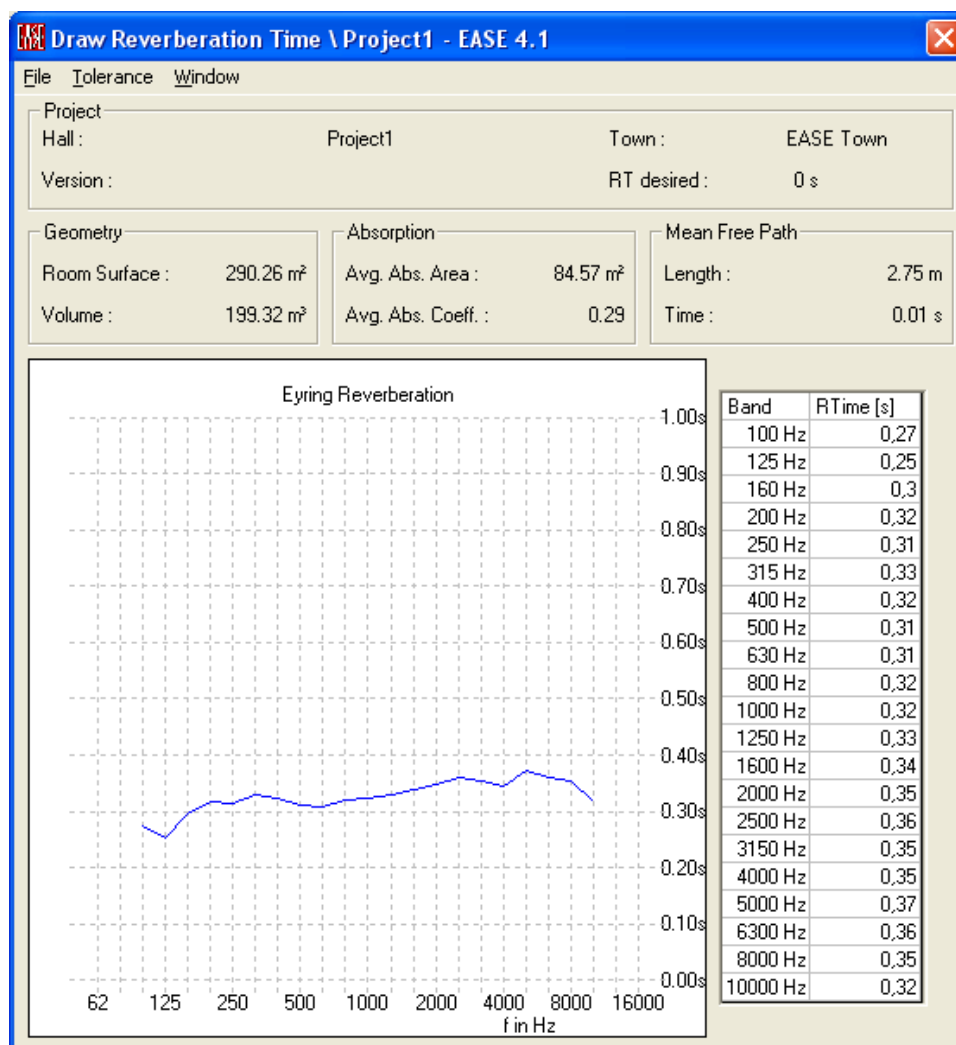


Fig. 6.55 Tiempo de reverberación de la sala de grabación.

6.5.2 SPL directo

Se ha introducido en la sala un altavoz omnidireccional y se observa como el sonido directo se reparte de una manera muy uniforme a lo largo de toda la sala. No hay zonas en las que el sonido directo disminuya de una manera brusca. Esto permitirá, a la hora de captar el sonido de los instrumentos, que la posición de los micrófonos se pueda elegir de una manera más sencilla, sobre todo cuando se quieran captar el ambiente de la sala. En la figura 6.56 se observa la uniformidad del SPL directo.

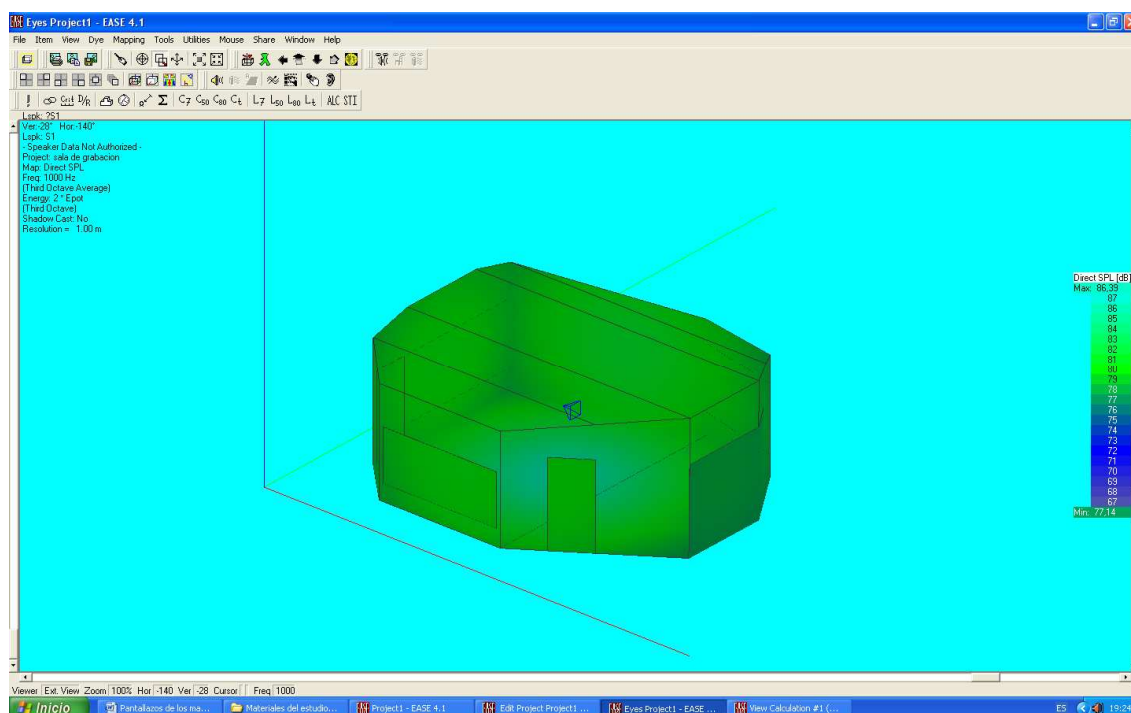


Fig. 6.56 SPL directo en la sala de grabación.

6.5.3 SPL total

Calculando los valores de nivel de presión con las reflexiones incluidas, los valores son todavía más uniformes en la sala. Prácticamente la totalidad de la sala se encuentra entre 85.5 dB y 86.5 dB. Comparando estos valores con los del SPL directo vemos que las reflexiones incrementan de una manera considerable el nivel de presión. Para estos parámetros los niveles son buenos y uniformes. En las siguientes figuras 6.57 y 6.58 se observa la respuesta en la sala y la distribución respectivamente.

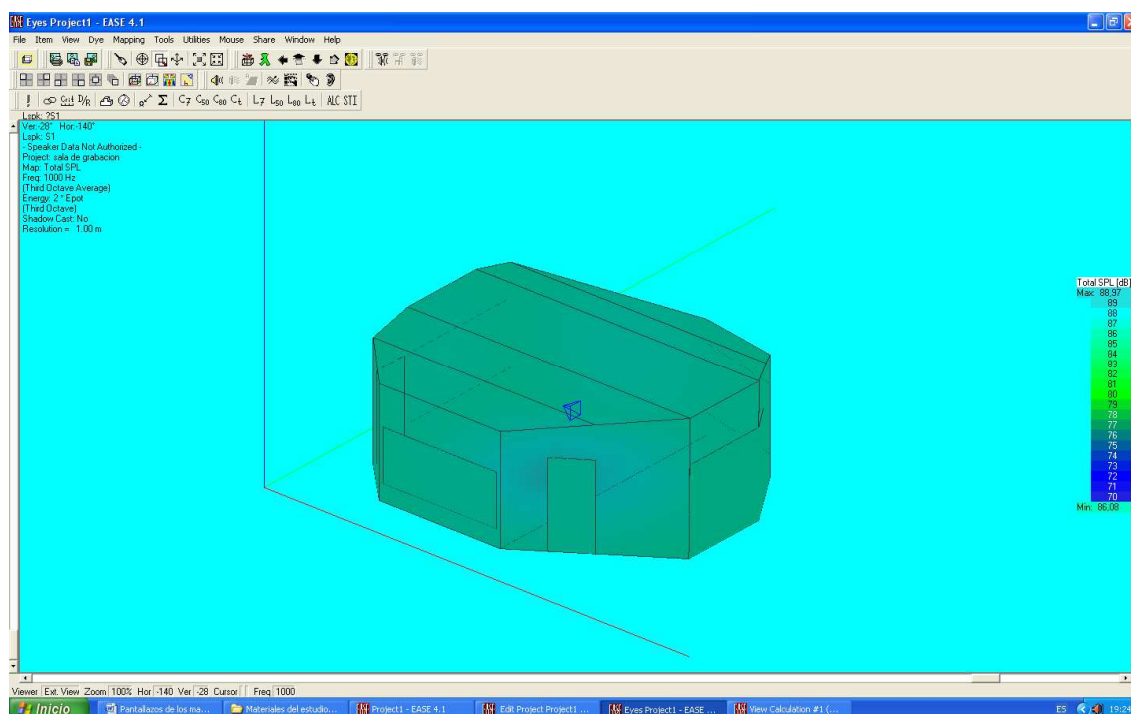


Fig. 6.57 SPL total en la sala de grabación.

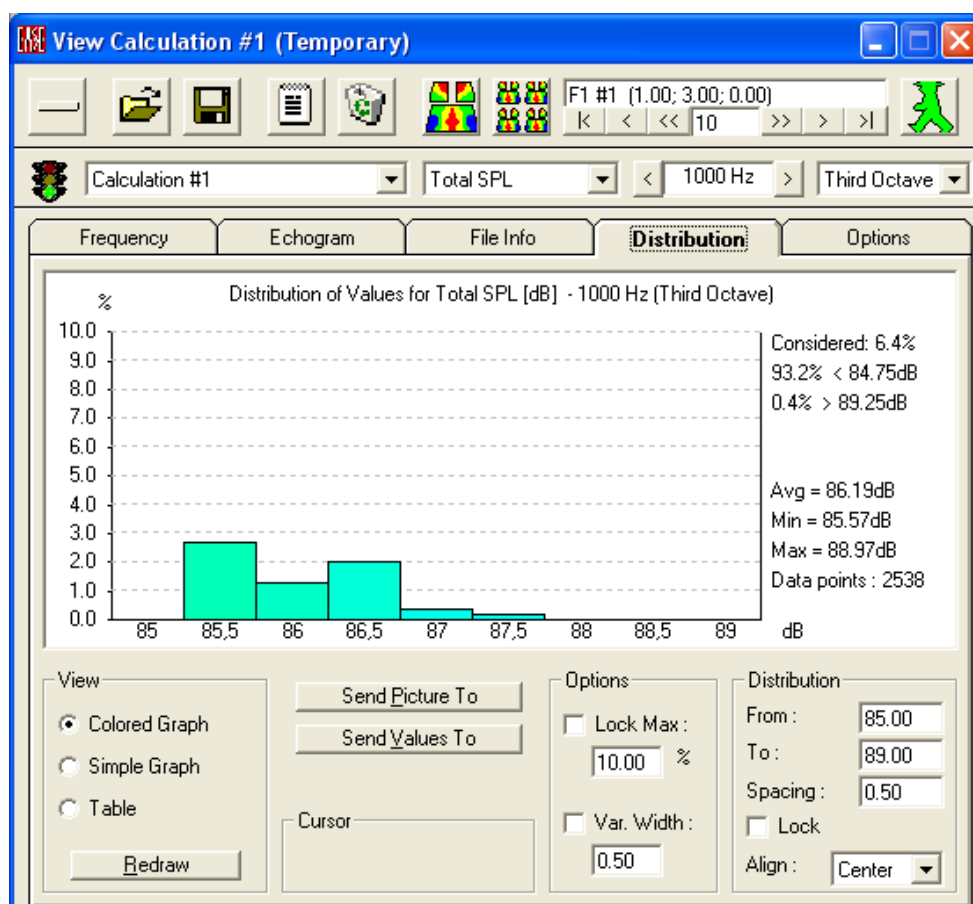


Fig. 6.58 Distribución del SPL total en la sala de grabación.

6.5.4 %ALCons

Para este parámetro los valores de la sala oscilan entre 3% y 5%. Son unos valores de pérdida de la articulación de consonantes bajos. La sala entonces para este parámetro es buena. Se pierde poca inteligibilidad de las consonantes, por lo que la sala es buena para la inteligibilidad de la palabra. En la figura 6.59 se observa el %ALCons de la sala de grabación y en la figura 6.60 su distribución.

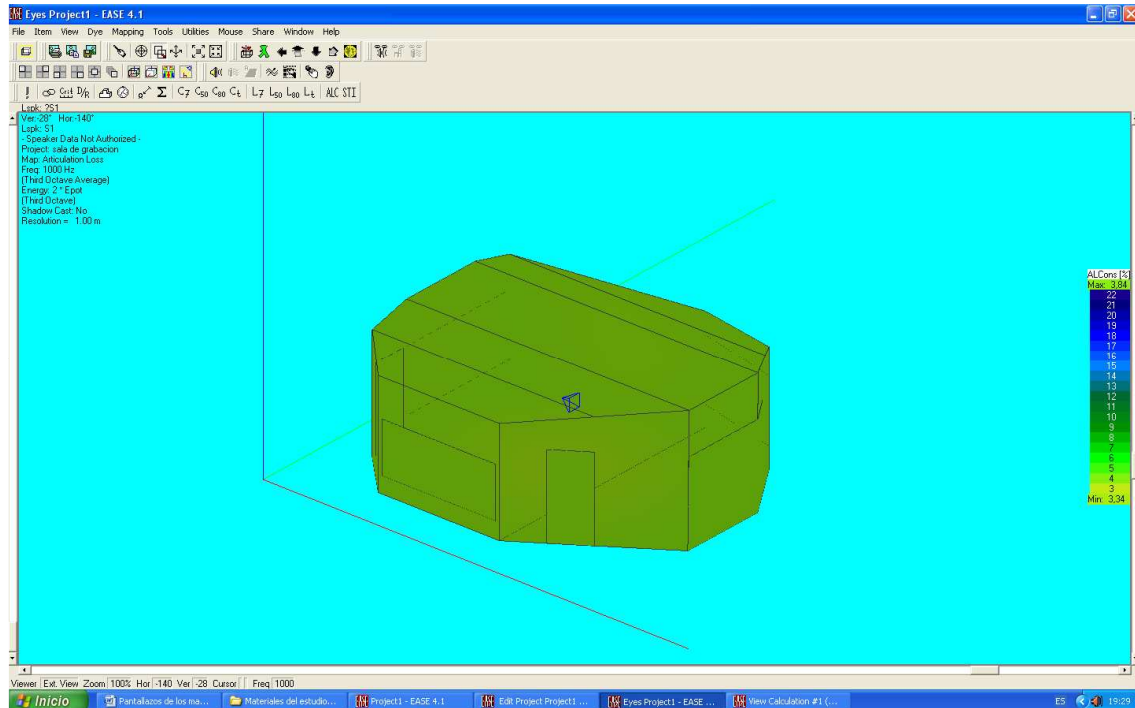


Fig. 6.59 %ALCons de la sala de grabación.

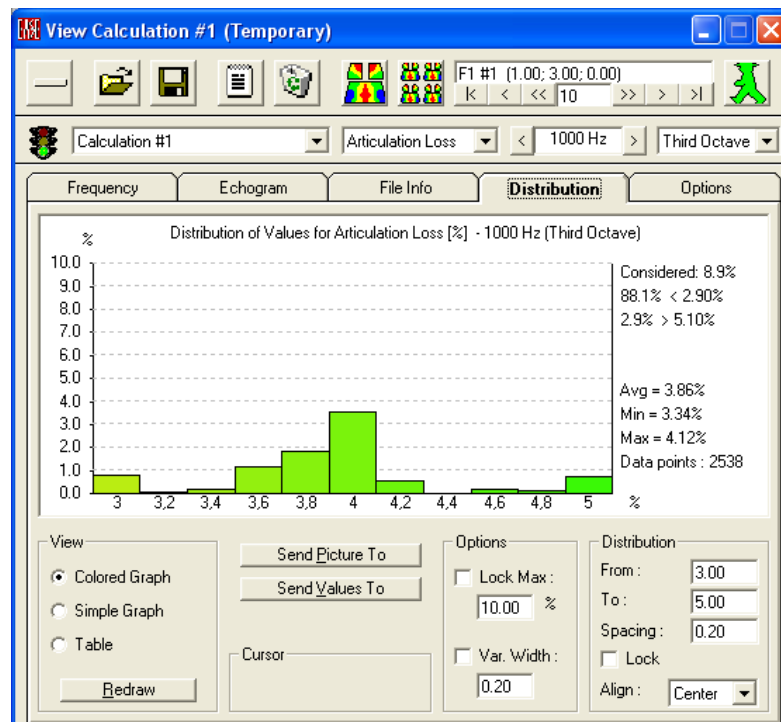


Fig. 6.60 Distribución de %ALCons en la sala de grabación.

6.5.5 STI/Rasti

Gran parte de la sala tiene un porcentaje de inteligibilidad de 0.7 (figura 6.62). Hay algunos puntos que se encuentran por encima de este valor y por debajo, se observa en la figura 6.61, pero están dentro del rango de inteligibilidad buena y excelente. La distribución es bastante uniforme. La inteligibilidad de la palabra es buena en la sala.

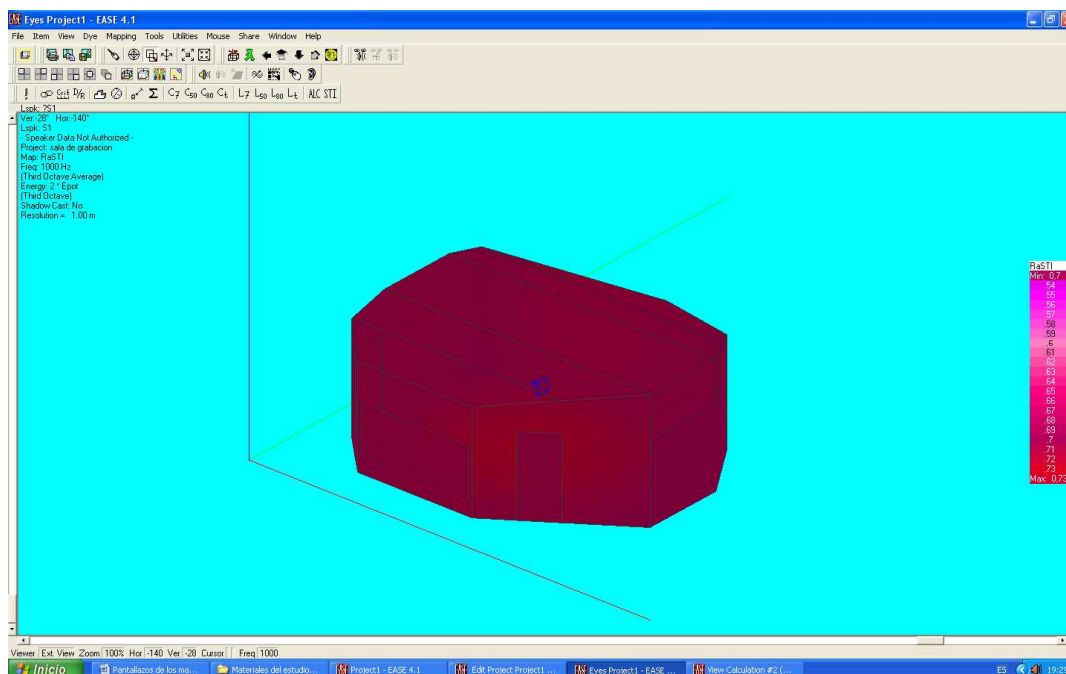


Fig. 6.61 STI/Rasti de la sala de grabación.

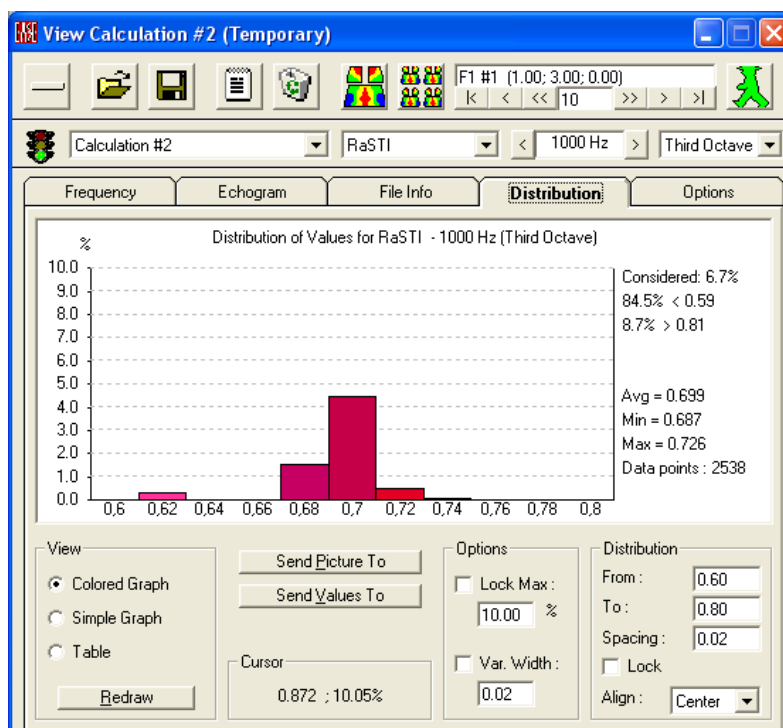


Fig. 6.62 Distribución del STI/Rasti en la sala de grabación.

6.5.6 Distancia crítica

En la figura 6.63 la zona blanca de la sala que se puede observar es una zona en la que el sonido directo es predominante y la zona amarilla predomina un poco el sonido reverberado. La frontera de estos dos colores es la distancia crítica. Variará según el instrumento que se esté ejecutando en la sala y del nivel de presión que tenga. Si por ejemplo se quiere captar el ambiente de la sala, cuando se está ejecutando el instrumento y este está situado en la zona central como en el ejemplo de simulación, se colocaran los micrófonos en la zona amarilla, variando la posición en función de lo que se quiera conseguir.

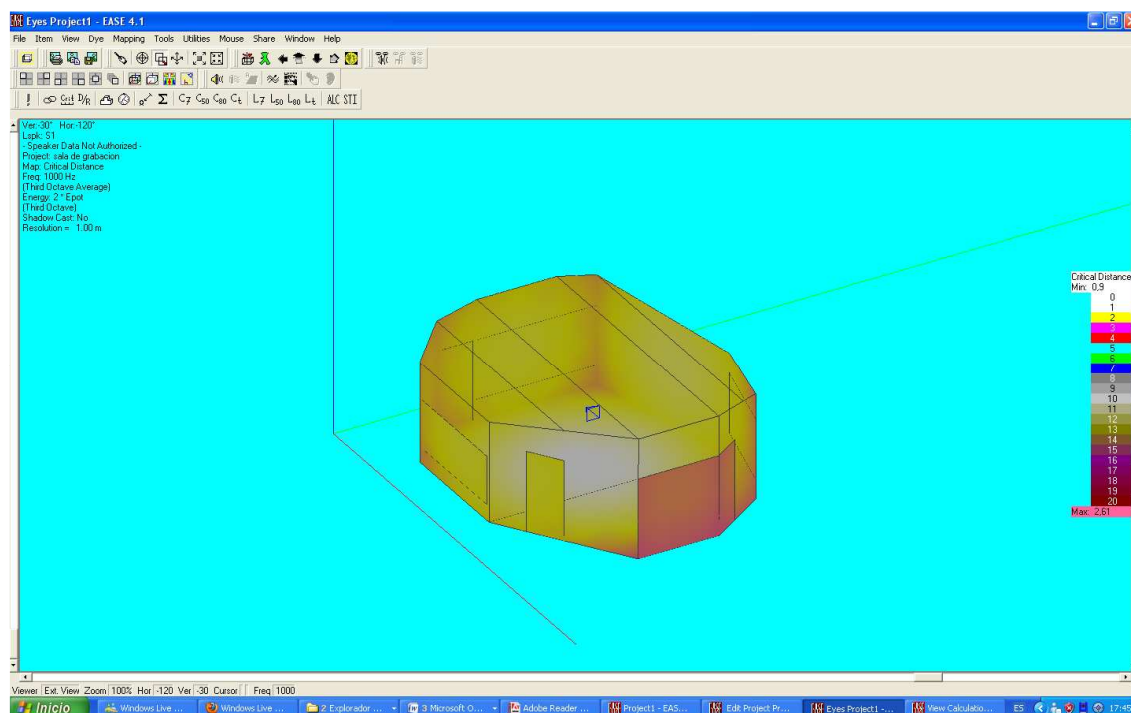


Fig. 6.63 Distancia crítica en la sala de grabación.

6.5.7 C50

Para salas con tiempo de reverberación normal, como es este caso, cualquier valor superior a 0dB es bueno. En esta sala se encuentran valores de entre 7dB y 10dB por lo que la sala es buena para la inteligibilidad de la palabra. Como se ha visto en parámetros anteriores que miden la inteligibilidad de la palabra que daban resultados buenos. En la figura 6.64 se observa el parámetro C50 de la sala de grabación. La distribución de este parámetro está representada en la figura 6.65.

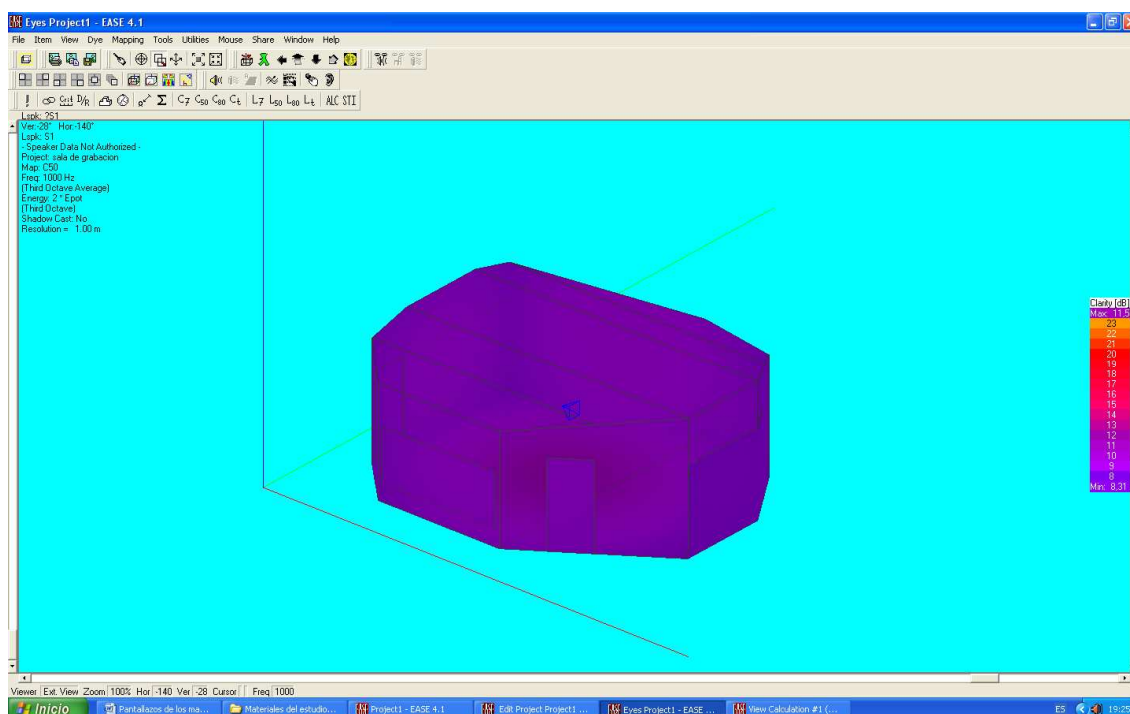


Fig. 6.64 C50 en la sala de grabación.

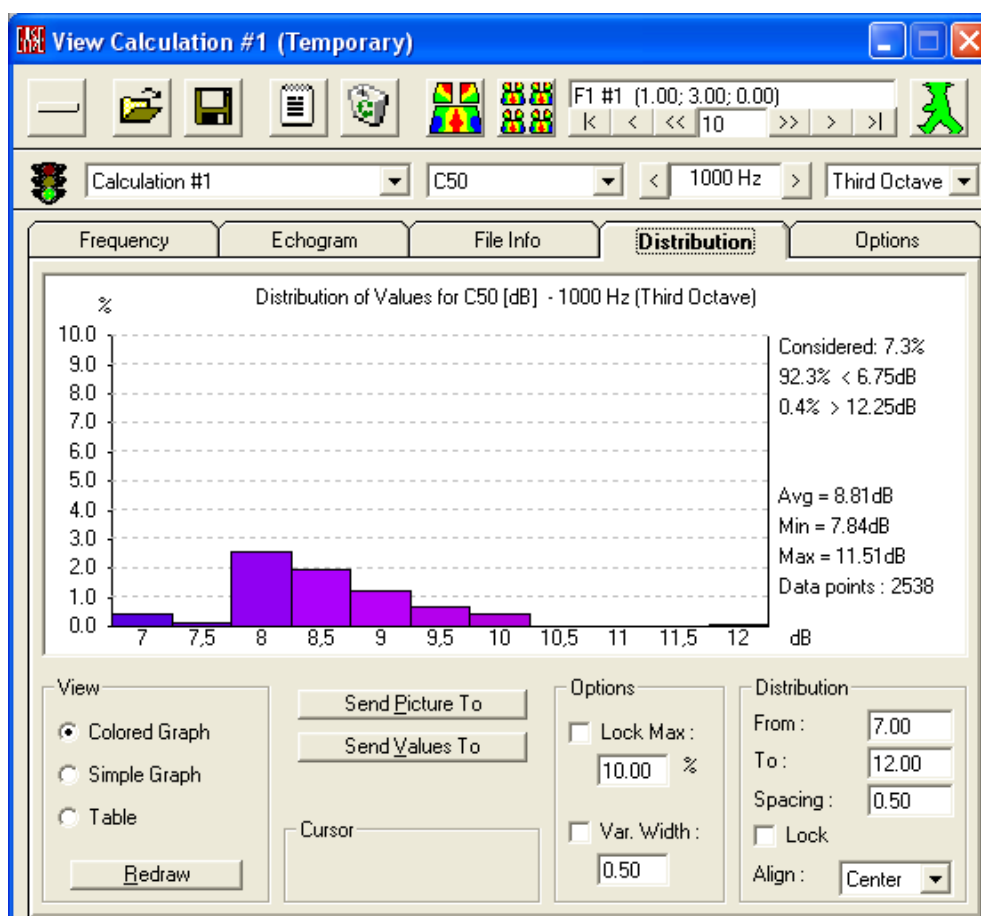


Fig. 6.65 Distribución del C50 en la sala de grabación.

6.5.8 C80

Para la claridad musical, que es el C80 (figura 6.66), la sala responde bien. Se obtienen valores de entre 14dB y 16dB que para el uso que se le va a dar al estudio son óptimos ya que se grabará rock, metal y estilos bastante fuertes de música. Al ser una sala no muy grande es normal que los valores sean un poco altos. En la figura 6.67 se observa la distribución en la sala de grabación.

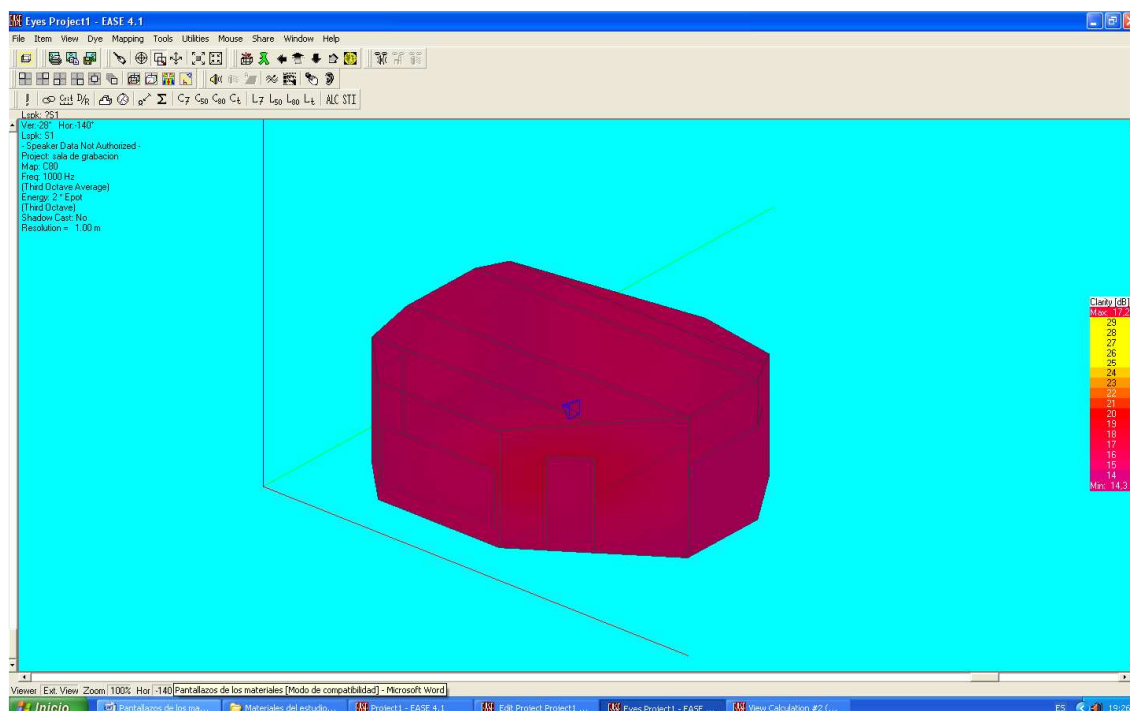


Fig. 6.66 C80 en la sala de grabación.

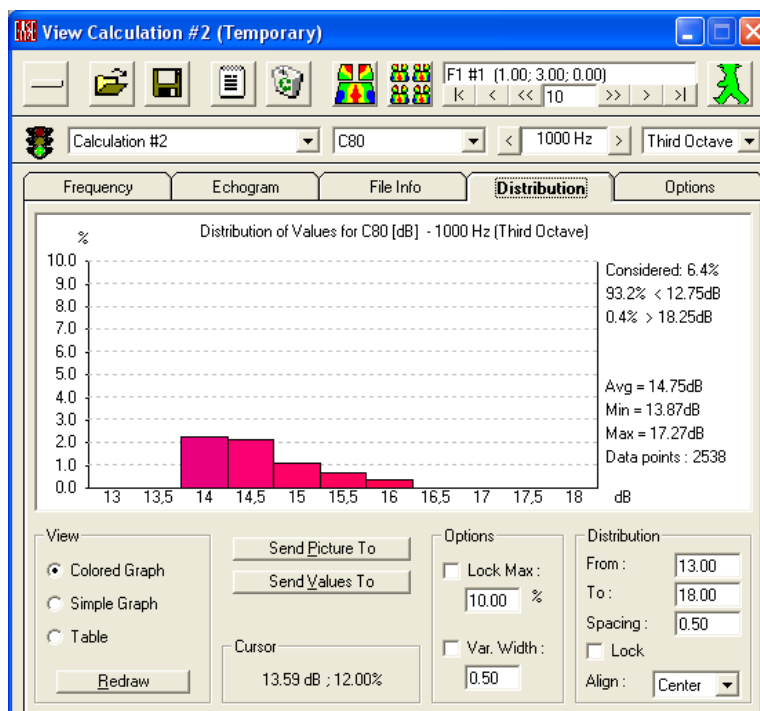


Fig. 6.67 Distribución del C80 en la sala de grabación.

6.5.9 Relación D/R

La relación entre el sonido directo y el reverberado es prácticamente igual. Observamos que esta la sala prácticamente en un nivel de -0.9 (figura 6.69) que al ser un numero negativo indica que el sonido reverberado es un poquito mayor que el sonido directo. Al haberse realizado la simulación de este parámetro en las caras de la sala es normal que el sonido reflejado sea parecido al sonido directo. Pero en la captación de un instrumento normalmente el sonido directo es superior ya que la posición de micrófono está muy próxima a la fuente sonora.

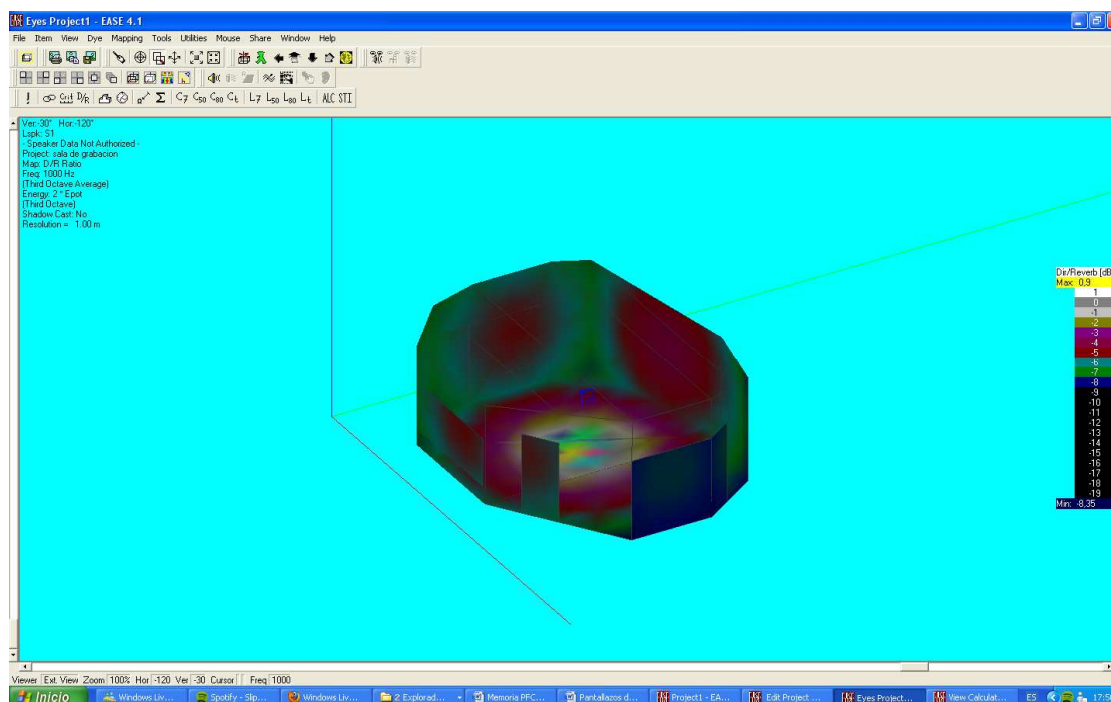


Fig. 6.68 Relación D/R en la sala de grabación.

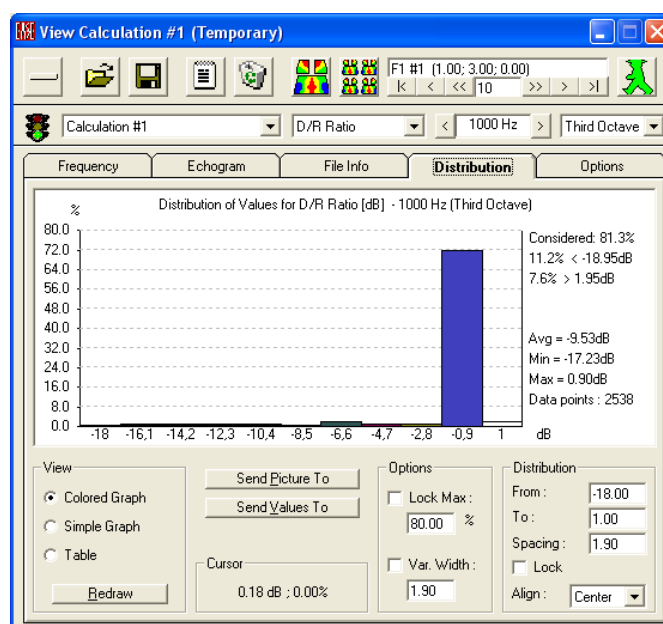


Fig. Distribución de la Relación D/R en la sala de grabación.





CAPITULO VII:

**SISTEMAS
ELECTROACUSTICOS**





SISTEMAS ELECTROACUSTICOS

En este capítulo de sistemas electroacústicos se describirán todos los elementos necesarios que requiere un estudio de grabación para realizar cualquier trabajo profesional. Dentro de todo el mercado que existe se han escogido los equipos que más se adecuan a las grabaciones que se realizarán en el estudio de grabación. Todos los materiales que se han escogido previamente han sido utilizados y se ha comprobado su funcionamiento y características tanto en actuaciones en directo como en grabaciones, exceptuando la mesa de mezclas.

7.1 MICRÓFONOS Y CAJAS DE INYECCIÓN.

A continuación se exponen en la tabla 7.1 los diferentes micrófonos, cajas de inyección y sus respectivas características que se adquirirán para el estudio.

Micrófono	Unidades
AKG 451	2
AKG C3000	2
AKG D112	2
Shure sm 58	5
Shure sm 57	5
Sennheiser e604	6
Sennheiser 421	4
Yamaha subkick	2
Neuman u87	2
Caja de inyección Bss	6

Tabla 7.1 Micrófonos para el estudio de grabación.

Características micrófono AKG C451

Rango de frecuencias	20 a 20000 Hz.
Sensibilidad	-41 dBV
Nivel de ruido equivalente	18dBA
Rango dinámico	117 dB
Impedancia mínima	200 ohm
Una impedancia de carga superior a	1000 ohm
Pre atenuador	de -10 o -20 dB
Caída en bajas frecuencias	12 dB/octava en 75 y 150Hz

Tabla 7.2 Características técnicas del micrófono AKG 451.

En la figura 7.1 se observan la curva de respuesta en frecuencia, diagrama polar e imagen física del micrófono y en la tabla 7.2 las características técnicas.

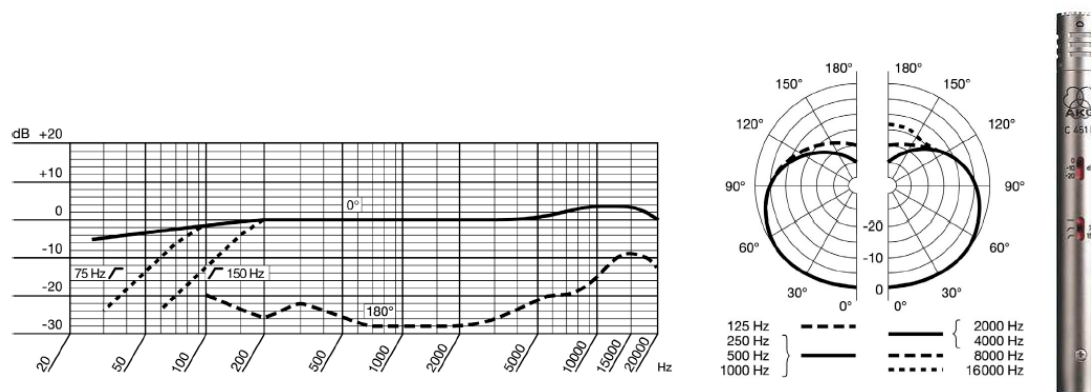


Fig. 7.1 Respuesta en frecuencia y diagrama polar del micrófono AKG 451

Características micrófono AKG C3000B

Rango de frecuencias	20 a 20000 Hz
Sensibilidad	-32 dBV
Nivel de ruido equivalente	14dBA
Rango dinámico	140 dB
Relación señal/ruido	80dBA
Impedancia mínima	200 ohm
Temperatura de funcionamiento	-10 a 60 °C.
Pre atenuador	-10 o -20 dB

Tabla 7.3 Características técnicas del micrófono AKG C3000B



Fig. 7.2 Imagen del micrófono AKG C3000B y de su pinza.

En la figura 7.2 se observa una imagen del micrófono AKG C3000B, en la figura 7.3 su respuesta en frecuencia y diagrama polar y en la tabla 7.3 las características técnicas..

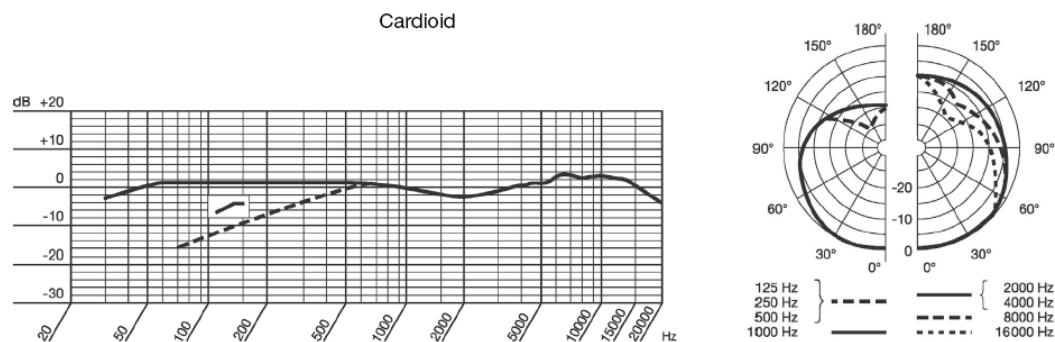


Fig. 7.3 Respuesta en frecuencia y diagrama polar del micrófono AKG C3000B.

Características micrófono AKG D112

En la tabla 7.4 se observan las características técnicas del micrófono AKG D112. La imagen del micrófono se puede ver en la figura 7.4 y el diagrama polar y su respuesta en frecuencia en la figura 7.5.

Respuesta en frecuencia	20-17000Hz
Característica direccional	Cardioide
Sensibilidad a 1000Hz	1,8mV/Pa
Nivel de ruido equivalente	73dB-A
Impedancia eléctrica	210 Ohm
Impedancia de carga	>600 Ohm
Dimensiones	150mm*70mm*115mm
Peso	380g

Tabla 7.4 Características técnicas del micrófono AKG D112.



Fig. 7.4 Imagen del micrófono AKG D112

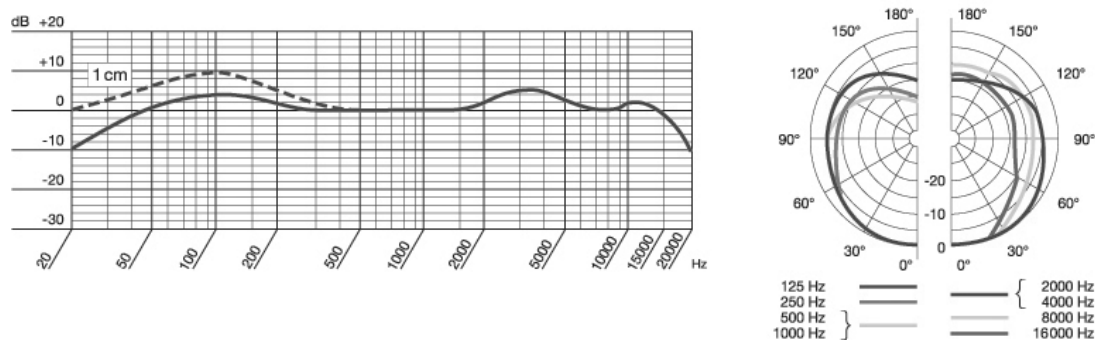


Fig. 7.5 Respuesta en frecuencia y diagrama polar del micrófono AKG D112.

Características micrófono Sennheiser e604

Este micrófono para percusión tiene unas características técnicas que se aprecian en la tabla 7.4. Su imagen se puede observar en la figura 7.6 y ver que tiene un adaptador especial para colocarlo en los aros de los timbales de la batería. En la imagen 7.7 se observa su respuesta en frecuencia y su patrón polar.

Respuesta en frecuencia	40-18000Hz
Característica direccional	Cardioide
Sensibilidad a 1000Hz	1.8mV/Pa
Nivel de ruido equivalente	73dB-A
Impedancia eléctrica	350 Ohm
Impedancia de carga	1000 Ohm
Dimensiones	33mm*59mm
Peso	60g

Tabla 7.4 Características técnicas del micrófono Sennheiser e604.



Fig. 7.6 Imagen del micrófono Sennheiser e604.

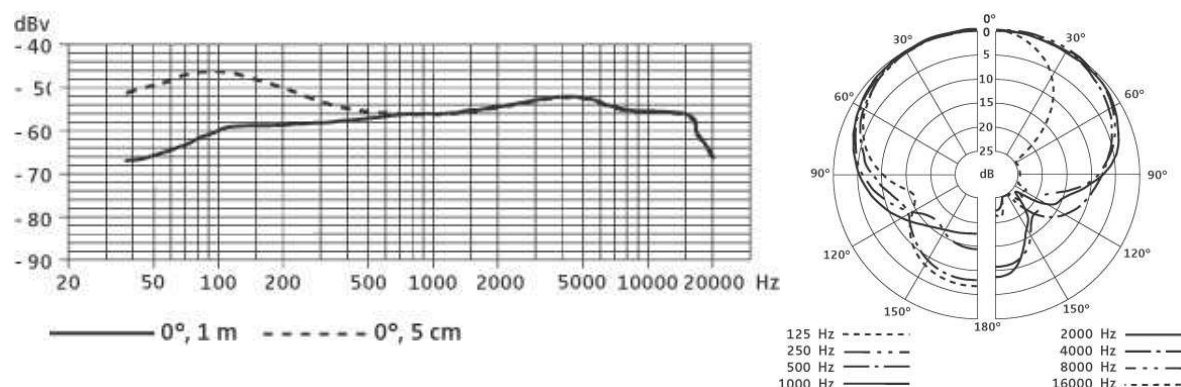


Fig. 7.7 Respuesta en frecuencia y diagrama polar del micrófono Sennheiser e604.

Características micrófono Yamaha subkick

Este micrófono de Yamaha es un curioso invento de esta marca para captar las frecuencias más bajas. Como se puede ver en la figura 7.8 parece un timbal de batería pero en su interior hay instalado un altavoz de ocho pulgadas que realiza la función de una membrana de un micrófono. Es un micrófono que capta frecuencias muy bajas y se utiliza para reforzar la captación de otro micrófono. Normalmente el uso que se le da es para la captación del bombo en una batería, pero también se puede utilizar para captar los subgraves que emite un amplificador de bajo.

En la tabla 7.5 se pueden observar las características técnicas de este curioso micrófono.



Fig. 7.8 Imagen del micrófono Yamaha subkick.

Respuesta en frecuencia	50-2000Hz
Característica direccional	Bidireccional
Sensibilidad a 1000Hz	1,8mV/Pa
Nivel de ruido equivalente	73dB-A
Impedancia eléctrica	210 Ohm
Impedancia de carga	9 Ohm
Dimensiones	150mm*70mm*115mm
Peso	4Kg

Tabla 7.5 Características técnicas del micrófono Yamaha subkikc.

Características micrófono Sennheiser 421

Las características del micrófono Sennheiser 421 se pueden ver en la tabla 7.6 y una imagen del micrófono en la figura 7.9. Este micrófono es muy versátil. Es muy utilizado para la captación de instrumentos de percusión, amplificadores de guitarra, amplificadores de bajo, instrumentos de viento e incluso voces.

Respuesta en frecuencia	40-18000Hz
Característica direccional	Cardioide
Sensibilidad a 1000Hz	1.8mV/Pa
Nivel de ruido equivalente	73dB-A
Impedancia eléctrica	350 Ohm
Impedancia de carga	1000 Ohm
Dimensiones	33mm*59mm
Peso	60g

Tabla 7.6 Características técnicas del micrófono Sennheiser 421.



Fig. 7.9 Imagen del micrófono Sennheiser 421.

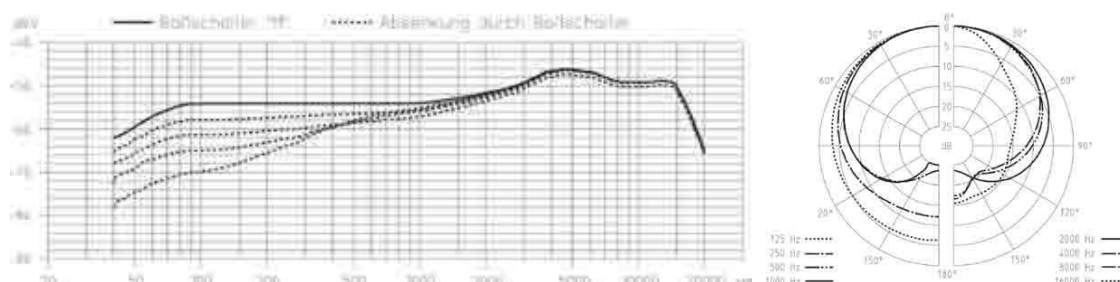


Fig. 7.10 Respuesta en frecuencia y diagrama polar del micrófono Sennheiser 421.

Características del micrófono Shure sm 57

Este es uno de los micrófonos más utilizados tanto en estudio como en actuaciones en directo por su gran versatilidad. Es muy utilizado para la captación de amplificadores de guitarra, elementos de percusión como cajas y timbales de batería, instrumentos de viento, de metal. En la tabla 7.7 se observan las características técnicas y en las figuras 7.11 y 7.12 se puede ver una imagen del micrófono, la respuesta en frecuencia y su diagrama polar.

Respuesta en frecuencia	40-15000Hz
Característica direccional	Cardioide
Sensibilidad a 1000Hz	1,6mV/Pa
Impedancia eléctrica	150 Ohm
Peso	284g

Tabla 7.7 Características técnicas del micrófono Shure sm 57.



Fig. 7.11 Imagen del micrófono Shure sm 57

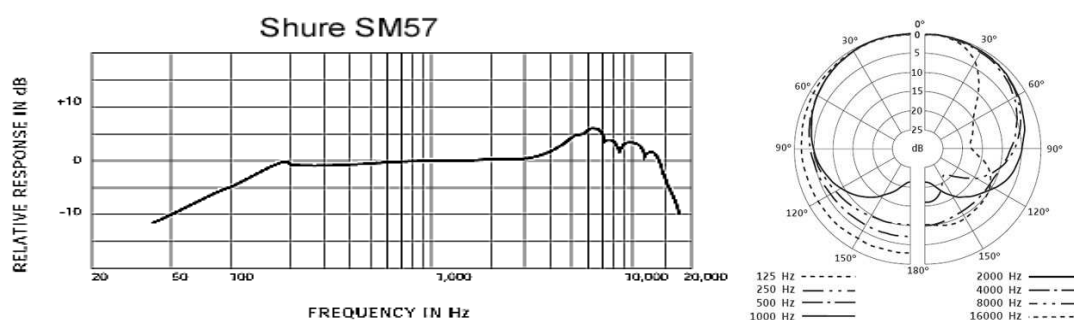


Fig. 7.12 Respuesta en frecuencia y diagrama polar del micrófono Shure sm 57.

Características del micrófono Shure sm 58.

El micrófono Shure sm 58 es otro de los micrófonos más utilizados mundialmente tanto en estudio como en directo. También es bastante versátil y puede ser utilizado tanto para instrumentos como para voces. En la tabla 7.8 se observan las características técnicas y en las figuras 7.13 y 7.14 una imagen, su respuesta en frecuencia y su diagrama polar.

Respuesta en frecuencia	50-15000Hz
Característica direccional	Cardioide
Sensibilidad a 1000Hz	1,85mV/Pa
Impedancia eléctrica	150 Ohm
Peso	298g

Tabla. 7.8 Características técnicas del micrófono Shure sm 58.



Fig. 7.13 Imagen del micrófono Shure sm 58.

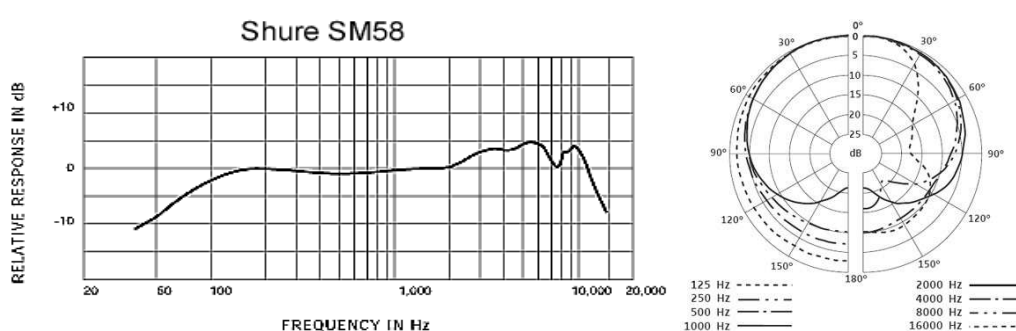
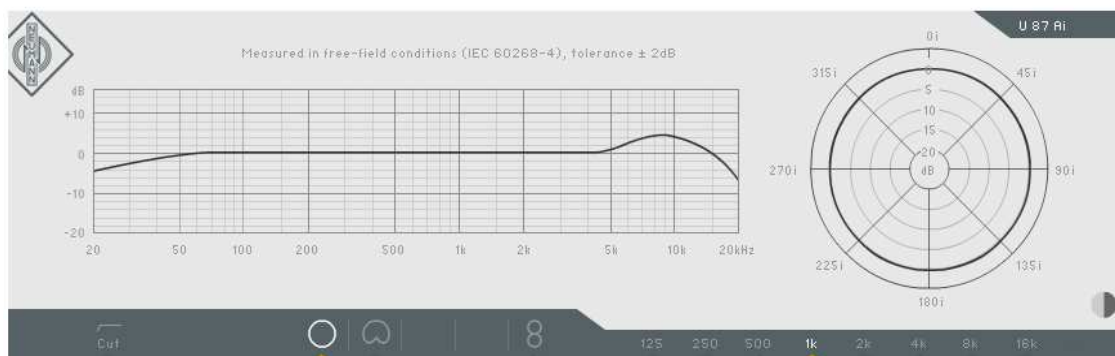


Fig. 7.14 Respuesta en frecuencia y diagrama polar del micrófono Shure sm 58.

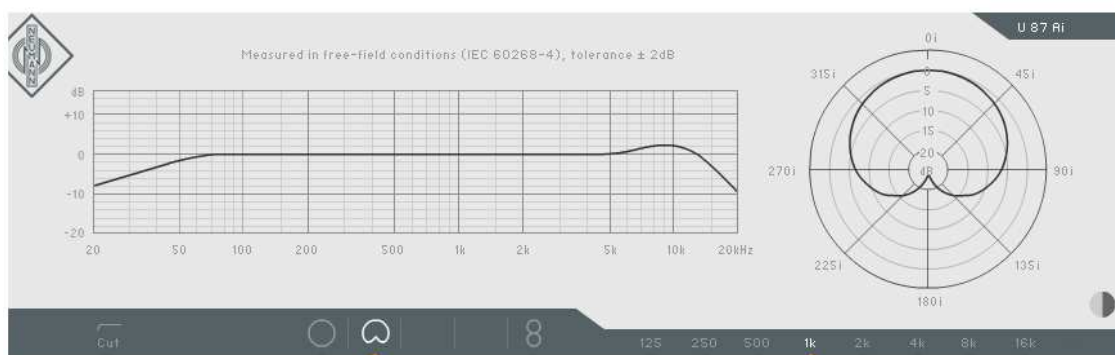
Características del micrófono Neuman U87

Este increíble micrófono de membrana grande es uno de los más utilizados en los estudios de grabación profesionales para la captación de las voces. Tiene 3 patrones polares diferentes: cardioide, omnidireccional, bidireccional. En las figuras 7.15 se observan estos tres tipos de diagramas polares y su respuesta en frecuencia y en la

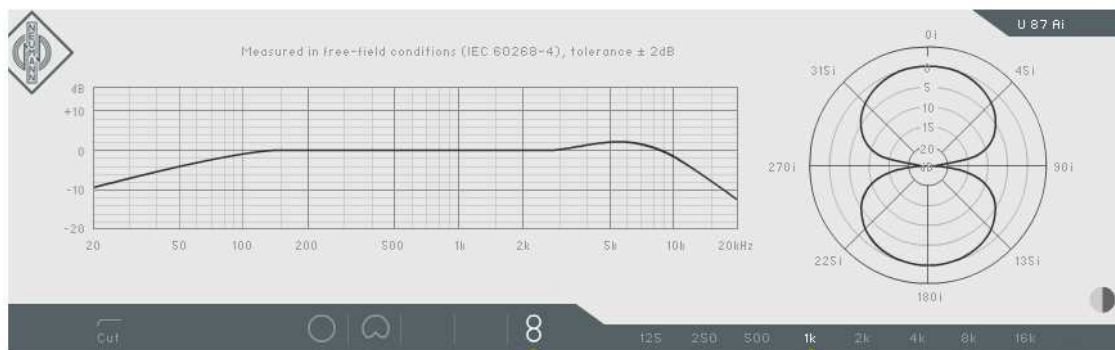
figura 7.16 una imagen del micrófono. En la tabla 7.9 se observan las características técnicas.



a) Patrón polar omnidireccional.



b) Patrón polar cardioide.



c) Patrón polar bidireccional.

Fig. 7.15 Respuesta en frecuencia y diagramas polares del micrófono Neuman U87.



Fig. 7.16 Imagen del micrófono Neuman U87.

Respuesta en frecuencia	20-20000Hz
Característica direccional	Cardioide
Sensibilidad a 1000Hz	28mV/Pa
Nivel de ruido equivalente	23dB-A
Impedancia eléctrica	200 Ohm
Impedancia de carga	1000 Ohm
Dimensiones	200mm x 57mm
Peso	500g

Tabla 7.9 Características técnicas del micrófono Neuman U87.

Características de la caja de inyección BSS

Estas cajas de inyección lo que realizan es ajustar la señal de línea a micro y también balancean la señal de señales no balanceadas, para así eliminar posibles ruidos producidos por las tiradas largas de cable. En la tabla 7.10 se observan sus características técnicas. En la figura 7.17 se observa una imagen de la caja de inyección.

Impedancia de entrada	1M Ohm (pad at 0dB)
	47k Ohm (pad at -20dB)
	47k Ohm (pad at -40dB)
Máximo nivel de entrada	+9dBu (pad at 0dB)
	+29dBu (pad at -20dB)
	+49dBu (pad at -40dB)
Conectores	Dos 1/4" TRS y un XLR
TRS:	Tip Hot (+ve)
	Sleeve Ground
XLR:	Pin 2 Hot (+ve)
	Pin 1 & 3 Ground

Tabla 7.10 Características técnicas de la caja de inyección BSS.



Fig. 7.17 Imagen de la caja de inyección BSS.

7.2 TARJETA DE SONIDO

Para la conversión analógico digital de la señal de audio se escogen las tarjetas de sonido Motu HD 192. Son módulos de dos unidades de 19" en el que aportan 12 entradas y 12 salidas de audio con una calidad de conversión muy alta, hasta 192 KHz de frecuencia de muestreo y 24 bit de resolución. Se pueden instalar hasta cuatro módulos sincronizados a la vez por lo que se podría llegar a tener 48 entradas y 48 salidas. En la figura 7.18 se observa una imagen de las tarjetas Motu HD 192.



Fig. 7.18 Imagen de cuatro tarjetas Motu HD 192.

Especificaciones de una unidad:

- Doce canales de entrada y salida con conector XLR +4dBu balanceados a 192 KHz 24 bit.
- AES/EBU digital entrada/salida.
- Indicadores de 19 segmentos de leds en todas las entradas y salidas.
- Tasas de muestreo de 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4 o 192-kHz a 16, 20 y 24-bit.
- Entrada y salida Word Clock.
- Entrada Word Clock dedicada para AES/EBU I/O.
- Conector AudioWire PCI-424.
- Rango dinámico de 120dB.
- THD+N de 0.00056% (-106dB).

7.3 MESA DE MEZCLAS

La mesa de mezclas que se escoge es la TL Audio VTC. Es una mesa de mezclas con válvulas en el previo de micrófono por lo que aportará calidez a la señal a grabar y posteriormente a la mezcla. A continuación se exponen sus características técnicas.

- Entrada de micrófono: 2.5 kOhms
- Todas las otras entradas: 10 kOhms mínimo

Impedancia de salidas

- Todas las salidas balanceadas: 100 Ohms
- Todas las salidas no balanceadas: 47 Ohms

Nivel de salida máximo

- Direct, group, L/R (balanceado): +26 dBu
- L/R (no balanceado): +20 dBu
- Envíos de los insertos: +20 dBu

Ganancia máxima

- Entrada de micrófono a salida directa: +70 dB
- Entrada de línea a salida directa: +32 dBu

Respuesta en frecuencia

- Entrada de micrófono @ 40 dB de ganancia a salida directa: 20 Hz a 20 kHz +0, -1 dB

Ruido de entrada

- Entrada de micrófono equivalente (EIN): -127 dBu (22 Hz a 22 kHz, terminación 150 Ohms, ganancia 60 dB)

Comportamiento de diafonía

- Entrada de línea a canal ceñido: -100 dB @ 1 kHz, -83 dB @ 15 kHz

Conectores de canal

- Entrada de micrófono: XLR (balanceado)
- Entrada de línea: TRS estéreo (balanceado)
- Retorno de monitor: TRS estéreo (balanceado)
- Interno a jumper entre -10/+4 dBu
- Punto de inserción: TRS estéreo (tip=send, ring=return)
- Salida directa/salida tape: TRS estéreo (balanceado)
- Interno a jumper entre -10/+4 dBu

Conectores master

- Salida principal: XLR (balanceadas)

En la figura 7.19 se observan unas imágenes de la mesa de mezclas TL Audio VTC.



a) Vista frontal de la mesa TL Audio VTC.



b) Entradas de los ocho primeros canales de la Mesa TL Audio VTC.



c) Salidas de la sección master de la mesa TL Audio VTC.

Fig. 7.19 Detalles de la mesa TL Audio VTC: a) Vista frontal; b) conectores de entrada; c) Conectores de la sección master.

7.4 MONITORES DE ESTUDIO

Para la escucha principal del estudio de grabación se ha optado por la elección de los altavoces JBL LSR 32. Son unos altavoces de escucha plana de tres vías. En la figura 7.20 se puede observar una imagen de ellos.



Fig. 7.20 Imagen de un altavoz JBL LSR 32.

A continuación se presentan las características técnicas de los altavoces JBL LSR 32.

- Impedancia de entrada (nominal): 4 ohm
- Respuesta en frecuencia (60 Hz - 22 kHz): +1, -1.5
- Extensión en bajas frecuencia: -3 dB: 54 Hz; -10 dB: 35 Hz
- Frecuencia de resonancia: 33 Hz
- Potencia recomendada de amplificación: 200 W (RMS) - 500 W (Pico)
- Control de altas frecuencias (2.5 kHz - 20 kHz): 0 dB, -1 dB
- Distorsión , 96 dB SPL, 1m:3 :
 - Frecuencias graves (por debajo de 120 Hz):
 - 2nd armónico: < 1.5%
 - 3rd armónico: < 1 %
 - Frecuencias medias/agudas (120 Hz - 20 kHz):
 - 2nd armónico: < 0.5%
 - 3rd armónico: < 0.4%
- Distorsión, 102 dB SPL, 1m:3
 - Frecuencias graves (por debajo de 120 Hz):
 - 2nd armónico: < 1.5%
 - 3rd armónico: < 1%
 - Frecuencias medias/agudas (80 Hz - 20 kHz):
 - 2nd armónico: < 1 %
 - 3rd armónico: < 1 % (N.B: < 0.4%, 250 Hz - 20 kHz)
- Frecuencia de corte graves/medios:
 - 4th order Acoustic Linkwitz-Riley: 250 Hz
- Frecuencia de corte medios/agudos:
 - 4th order Acoustic Linkwitz-Riley: 2.2 kHz
- Transductores:
 - Modelo de frecuencias graves: 252G
 - Diámetro: 300 mm (12 pulgadas)
 - Tipo de cono: composición de fibra de carbono

Impedancia: 4 ohm

Modelo de frecuencias medias: C500G

Diámetro: 125 mm (5 pulgadas)

Tipo de cono: Composición Kevlar™

Impedancia: 4 ohm

Modelo de altas frecuencias: 053ti

Diámetro: 25 mm (1 pulgada)

Tipo de diafragma: Composición de titanio

Impedancia: 4 ohm

- Características físicas:

Acabado: Negro

Volumen: 50 litros

Conectores de entrada: bornas.

Peso: 21.3 kg

Dimensiones (WxHxD): 63.5 x 39.4 x 29.2 cm

En la imagen 7.21 se puede observar la respuesta en frecuencias de los altavoces JBL LSR 32.

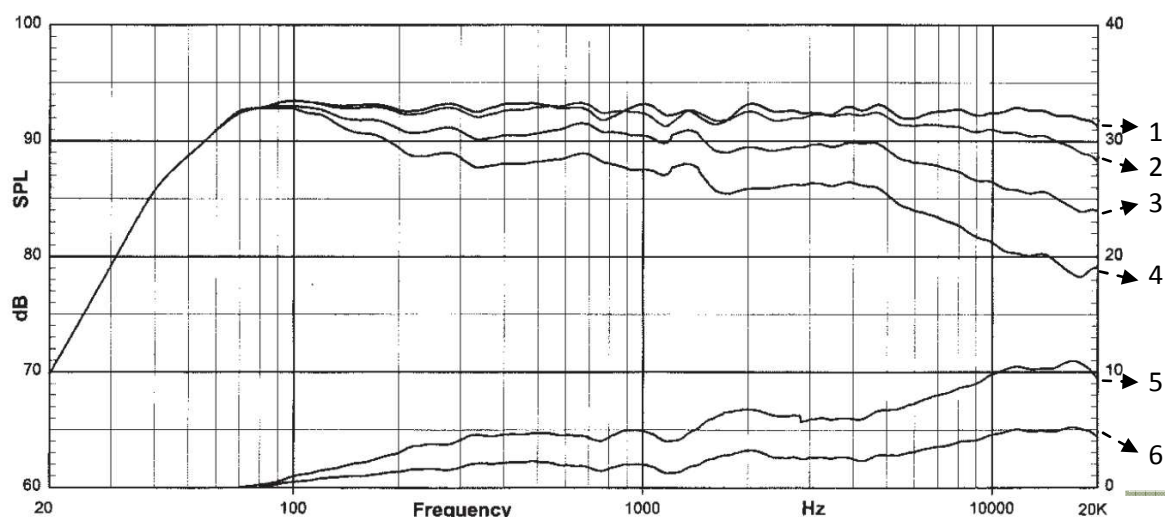


Fig. 7.21 Respuesta en frecuencia de los altavoces JBL LSR 32.

1. Respuesta sobre eje. 2. Respuesta media espacial entre $\pm 30^\circ$ horizontal y $\pm 15^\circ$ vertical.
3. Primer sonido de reflexión. 4. Sonido irradiado total. 5. DI sobre el eje. 6. DI en la primera reflexión.

7.5 MATERIAL PARA EL CONEXIONADO

A continuación se presentará el material que se debe de utilizar para el conexionado de audio e informático.

7.5.1 Panel de conexión

El panel de conexión servirá de conexión entre la mesa de mezclas y las diferentes unidades de rack que haya en el estudio como compresores, puertas de ruido, previos de micrófono etc. Una imagen del panel de conexión que se utilizará es la

de la figura 7.22. Este es un panel de conexión de la marca Neutrik muy recomendada en el ámbito de audio y video.



Fig. 7.22 Imagen del panel de conexión de Neutrik.

7.5.2 Cableado

Tipo de cable	Descripción	Longitud	Unidades	Observaciones
Audio	Manguera multipar	14 m	2	Cajetín-mesa (1 reserva)
Audio	XLR macho-XLR hembra	10 m	20	Micrófonos
Audio	XLR macho-XLR hembra	5 m	10	Micrófonos
Audio	(Cable Y) TRS 6.3mm balanceado-2xbantam	5 m	32	Mesa panel de conexión (inserciones)
Audio	Bantam-Bantam	0.3 m	50	Panel de conexión (latiguillos)
Audio	Bantam-XLR macho	3 m	10	Racks-Panel de conexión
Audio	Bantam-XLR hembra	3 m	10	Racks-Panel de conexión
Audio	XLR macho-TRS 6.3mm balanceado	5 m	24	Mesa- tarjeta
Audio	XLR hembra-TRS 6.3 mm balanceado	5 m	24	Usos diversos (amplificador de cascos)
Audio	Cable de carga	14 m	6	Cabezales pantallas
PC	USB Macho-hembra	10 m	6	Teclado/ratón-PC (4 reserva)
PC	VGA	10 m	4	Pantalla – PC (2 reserva)
PC	HDMI	10 m	2	Pantalla – PC (futuro)
PC	Firewire	10 m	8	Tarjetas - PC

Tabla 7.11 Cableado necesario para el estudio.



En la tabla 7.11 se observa el cableado necesario para el estudio de grabación. Aparecen tanto cantidades de cable como metros necesarios, tipos de conectores que lleva el cable y la especificación de para que se debe utilizar. A continuación en la tabla 7.12 aparecen las cantidades en metros que se adquirirán para realizar la obra. Resulta más económico comprar el cable en bobinas y soldarlo con los conectores que adquirir el cableado ya montado. Pero no todo el cableado se va a fabricar in-situ sino que parte de él se comprará fabricado. En la tabla 7.13 aparece el cableado que se adquirirá fabricado.

Tipo de cable	Metros
Audio balanceado blindado	730 m (8 bobinas de 100m)
Audio carga paralelo	84 m (1 bobina de 100m)
Audio manguera multipar 32	30 m

Tabla 7.12 Cantidad de cableado que se debe adquirir para la fabricación in-situ .

Tipo de cable	Descripción	Longitud	Unidades	Observaciones
Audio	Bantam-Bantam	0.3 m	50	Panel de conexión
PC	USB Macho-hembra	10 m	6	Teclado ratón-PC (4 reserva)
PC	VGA	10 m	4	Pantalla – PC (2 reserva)
PC	HDMI	10 m	2	Pantalla – PC (futuro)
PC	Firewire	10 m	8	Tarjetas - PC

Tabla 7.13 Cantidad de cableado que se debe adquirir fabricado.

7.5.3 Conectores

En la siguiente tabla 7.14 se especifica que tipos de conectores se va a utilizar y el número de unidades.

Tipo de conector	Unidades
XLR macho aéreo Neutrik	150
XLR hembra aéreo Neutrik	100
XLR macho base Neutrik	20
XLR hembra base Neutrik	50
TRS balanceado 6.3mm macho aéreo Neutrik	100
TRS balanceado 6.3mm hembra base Neutrik	10
Bantam macho aéreo Neutrik	100

Tabla 7.14 Tipo de conectores y unidades necesarias.

7.6 SOPORTES DE MICROFONOS.

Para completar el estudio se adquirirán soportes de micrófono. Serán de tres tipos. Soporte pequeño, soporte normal, soporte grande y soporte para micro de bombo. A continuación se observa en la figura 7.23 una imagen de los diferentes soportes de micrófono. En la tabla 7.15 aparecen las unidades necesarias de cada tipo de soporte de micrófono.



Fig. 7.23 Imágenes de los diferentes soportes de micrófono. De izquierda a derecha: soporte pequeño, soporte normal, soporte grande, soporte para micro de bombo.

Tipo de soporte	Unidades
Soporte tipo jirafa pequeño K&M	4
Soporte tipo jirafa normal K&M	4
Soporte tipo jirafa grande K&M	4
Soporte micrófono para bombo K&M	2

Tabla 7.15 Tipo de soportes y unidades necesarias para el estudio de grabación.

7.7 AURICULARES

Para que el músico tenga una referencia, a la hora de grabar, necesita escuchar parte de la grabación ya realizada o claqueta. Para esto se adquieren los auriculares SONY 7506 (figura 24). Son unos cascos de referencia en estudios de grabación profesionales. Sus características técnicas son:

- Tipo de auricular: cerrado dinámico
- Impedancia: 63 Ohm a 1 KHz
- Cápsulas: 40 mm
- Sensibilidad: 106 dB/mW
- Respuesta en frecuencias: 10 a 20.000 Hz

- Potencia nominal: 0,5 W
- Potencia admisible: 1 W
- Peso: 230 g sin cable
- Cable: 3m, con TRS 6.3mm y TRS 4.3mm en oro



Fig. 7.24 Imagen de los auriculares SONY 7506.

7.8 AMPLIFICADOR DE AURICULARES

Para la amplificación de los auriculares se escoge el amplificador de auriculares Presonus HP60 que es un amplificador de auriculares de 6 canales, 2x 150 mW por canal, 2 entradas principales estéreo (A/B), entrada estéreo adicional por canal (externo), 1 salida estéreo por canal para el paso de la señal; cada canal con regulador de mezcla entre fuente estéreo A y B, regulador de volumen para fuentes estéreo externas, regulador de volumen general, así como teclas mute y mono con iluminación de estado; entrada XLR para la conexión de un micrófono talkback, conmutador talkback y regulador de volumen, conector para conmutador de pie de talkback opcional, fuente de alimentación integrada, interruptor de red.



Fig. 7.25 Imagen del amplificador Presonus HP60.

7.9 AMPLIFICADOR PARA MONITORES DE ESTUDIO

De acuerdo con las especificaciones de los monitores de estudio escogidos, el amplificador debe de seguir unas características específicas. Debe rendir a 200W a 4Ohm por canal de etapa. Para este rendimiento se ha escogido el amplificador *Fame A-400 II Studio Endstufe 2x 200w/ 4ohm*. En la figura 7.26 se puede observar una imagen de la parte frontal del amplificador.



Fig. 7.26 Imagen del amplificador Fame A-400II Studio Endstufe..



CAPITULO VIII:

PRESUPUESTOS





PRESUPUESTO

Partida 1: Obra

- Aislamiento acústico

<u>Concepto</u>	<u>Unidades o superficie</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Sheet block	880 m ²	Rollo de 1m x 5m: 69,82€	12.288,32 €
U-boats (50 uni)	1.200 un.	2.14 €	2.568€
Fibra mineral de 10cm de espesor	880 m ²	12 € m ²	10.560 €
Placa de DM19	140 m ²	12.60 € m ²	1.764 €
Montantes de 4x14x200cm (suelo)	180 un.	5.52 €	993,6 €
Montantes de 4x9x200cm (pared y techo)	250 un.	4.27 €	1.067,5 €
StopGap	50 un	5.04 €	252 €
Canal elástico RC8	Se utilizará los montantes de pladur que realizan la misma función y son más económicos		
Total aislamiento acústico			29.493,42 €

- Pladur y pintura

<u>Concepto</u>	<u>Superficie</u>	<u>Precio m²</u>	<u>Total</u>
Pladur	725 m ²	15 €	10.875 €
Pintura	725 m ²	9 €	6.525 €
Total pladur y pintura			17.400 €

- Puertas y ventanas

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Puerta acústica sin visor 80x200cm	5	1.135€	5.675€
Ventana doble de PVC	1	945€	945€
Puertas correderas de PVC	2	1.050€	2.100€
Total puertas y ventanas			8.720 €



- Tarima

<u>Concepto</u>	<u>Superficie</u>	<u>Precio m²</u>	<u>Total</u>
Euro Home Modern	140 m ²	24,50 €	3.430 €
Total tarima			3.430 €

TOTAL PARTIDA 1 : **59.043,42 €**

Partida 2: Acondicionamiento acústico.

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio caja</u>	<u>Total</u>
Paneles B22 (61cmx61cm) caja de 12 paneles	5	899,59 €	4.497,95 €
Paneles Sonofloat (61x61) caja de 8 paneles	5	160,63 €	803,15 €
Difusores (60x60) 2 por caja	3	655,87€	1.967,61 €
Paneles Studiofoam 12 paneles por caja Panel de 122 cm x	2	302,58 €	605,16 €
Total acondicionamiento acústico			7.873,87 €

TOTAL PARTIDA 2 : **7.873,87 €**

Partida 3: Material electroacústico

- Micrófonos

<u>Micrófono</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
AKG 451	2	311 €	622 €
AKG C3000	2	184,20 €	368,40 €
AKG D112	2	144 €	288 €
Shure sm 58	5	110 €	550 €
Shure sm 57	5	110 €	550 €
Sennheiser e604	6	103 €	618 €
Sennheiser 421	4	279 €	1.116 €
Yamaha subkick	2	339 €	678 €
Neuman u87	2	2.237 €	4.474 €
Caja de inyección Bss	6	111 €	666 €
Total micrófonos			9.930,4 €



- Cableado

<u>Tipo de cable</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Audio balanceado blindado Proel	8 bobinas de 100m	66 €	528 €
Audio carga paralelo Proel	1 bobina de 100m	88 €	88 €
Bantam- Bantam (latiguillo)	50 latiguillos	11,29 €	564,50 €
Audio manguera multipar 48 Proel	30 m	47 €/m	1.410 €
Total			2.590,5 €

- Conectores

<u>Tipo de conector</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
XLR macho aéreo Neutrik	150	2,02 €	303 €
XLR hembra aéreo Neutrik	100	2,38 €	238 €
XLR macho base Neutrik	20	2,42 €	48,40€
XLR hembra base Neutrik	50	2,63 €	131,50 €
Jack balanceado 6.3mm macho aéreo Neutrik	100	1,97 €	197 €
Jack balanceado 6.3mm hembra base Neutrik	10	3,63 €	36,30 €
Bantam macho aéreo Neutrik	100	8,81 €	881 €
TOTAL			1.835,20 €

- Pies de micrófono

<u>Tipo de soporte</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Soporte tipo jirafa pequeño K&M	4	38 €	152 €
Soporte tipo jirafa normal K&M	4	39 €	156 €
Soporte tipo jirafa grande K&M	4	155 €	620 €
Soporte micrófono para bombo K&M	2	37 €	74 €
Total			1002 €



- Resto de material electroacustico

Concepto	Unidades	Precio unidad	Total
Monitores de estudio JBL LSR 32	2	1.780,25 €	3.560,50 €
Amplificador Fame A 400II	1	147,35€	147,35€
Tarjeta de sonido MOTU HD 192	2	1.369 €	2.738 €
Panel de conexión Neutrik	1	925,10 €	925,10 €
Mesa de mezclas TL Audio VTC	1	27.289,20 €	27.289,20 €
Auriculares SONY 7506	4	129€	516 €
Amplificador de auriculares Presonus HP60	1	234 €	234 €
Total			35.259,8 €

TOTAL PARTIDA 3 : **50.617,90 €**

Partida 4: Material informático

- Ordenador

Concepto	Unidades	Precio unidad	Total
CPU: CORE i7 870/ASUS P7P55D-E PRO/RAM 4GB DDR3/HDD 1 TB SATA3 6 Gbps/GTS250- ATI5850	1	1.948,6 €	1.948,6 €
Monitor HP LCD panorámico de 22 pulgadas	2	161,5 €	323 €
Teclado HP USB con lector de smart card	1	37,12 €	37,12 €
Raton HP óptico con rueda	1	13,44 €	13,44 €
Total			2.322,16 €



- Cableado informático

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
USB Macho-hembra 10m	6	12,95 €	77,7 €
VGA 10m	4	16,10€	64,40€
HDMI 10m	2	13€	26€
Firewire 10m	8	25,51€	204,08€
TOTAL			372,18€

TOTAL PARTIDA 4 : **2.694,34 €**

Partida 5: Mobiliario

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Sofá 4 plazas	1	844 €	844 €
Alfombra de lana (3m x 2m)	1	309 €	309 €
Silla Art. BERLIN-G-SF giratorio, cromado, semi-piel negra	1	89 €	89 €
Total			1.242 €

TOTAL PARTIDA 5 : **1.242 €**

RESUMEN

Partida 1: OBRA	59.043,42 €
Partida 2: ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO	7.873,87 €
Partida 3: MATERIAL ELECTROACUSTICO	50.617,90 €
Partida 4: MATEIAL INFORMATICO	2.694,34 €
Partida 5: MOBILIARIO	1.242,00 €

TOTAL PRESUPUESTO: 121.471,53 €





CAPITULO IX:

**CONCLUSIONES FINALES Y
LINEAS FUTURAS**





CONCLUSIONES FINALES Y LINEAS FUTURAS

9.1 CONCLUSIÓN

El objetivo de este proyecto era diseñar y simular acústicamente un estudio de grabación en un local real. Observando los resultados se puede decir que el objetivo del proyecto está cumplido.

9.1.1 Conclusiones sobre el aprendizaje

A lo largo del proyecto se han ido profundizando sobre los conocimientos adquiridos en la carrera sobre acústica: el aislamiento acústico de paredes, suelos y techos, el acondicionamiento acústico de recintos, etc. Y se ha aprendido a cómo colocar de una manera eficiente los materiales a utilizar.

Acerca de los diseños de los estudios de grabación se ha adquirido un enfoque bastante amplio de cómo son, que diseños utilizan y las razones de porque se diseñan así.

Se ha investigado mucho sobre los equipos electroacústicos que hay hoy en día en los estudios de grabación profesionales como micrófonos, altavoces, tarjetas de sonido, mesas de mezclas, etc. para llegar a completar el estudio de grabación con materiales profesionales sin excederse mucho en el presupuesto.

Durante la simulación acústica se ha adquirido habilidad y destreza para utilizar el programa EASE 4.1 y se llega a la conclusión de que un ligero cambio en los materiales puede afectar mucho a las características acústicas de las salas.

9.1.2 Distribución del estudio de grabación

Se ha conseguido distribuir y optimizar el espacio disponible del local en todas las salas que se querían construir. Todas las salas han quedado bien situadas, con buena accesibilidad y con un volumen optimo para su uso.

9.1.3 Conclusión sobre la sala de control y sala de grabación.

La elección del diseño de la sala de control ha sido el diseño LEDE. Es un diseño utilizado por la mayoría de estudios profesionales hoy en día. Gracias a la acústica de este diseño las mezclas de audio, realizadas en él, no varían mucho para una escucha domestica.

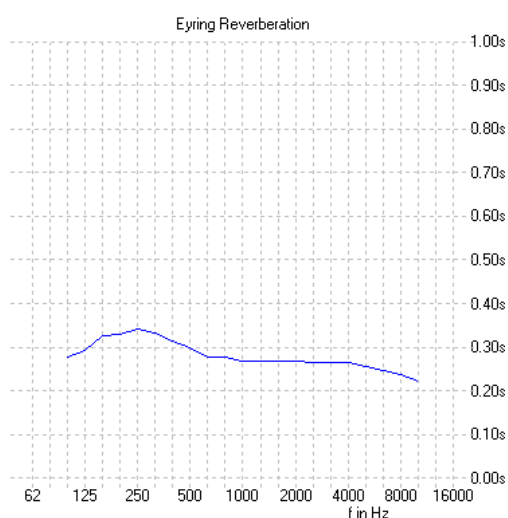
Los resultados obtenidos en la simulación acústica de esta sala son muy buenos. Todos los valores se encuentran en rangos óptimos por lo que se puede llegar a la conclusión de que la acústica de la sala de control es buena.

Los resultados de la simulación de la sala de grabación también son buenos. Aunque estos resultados no son tan fiables como los de la sala de control ya que en la sala de control se han utilizado para la simulación los altavoces que posteriormente se colocarían y la simulación es más fiable. En la sala de grabación se ha introducido un

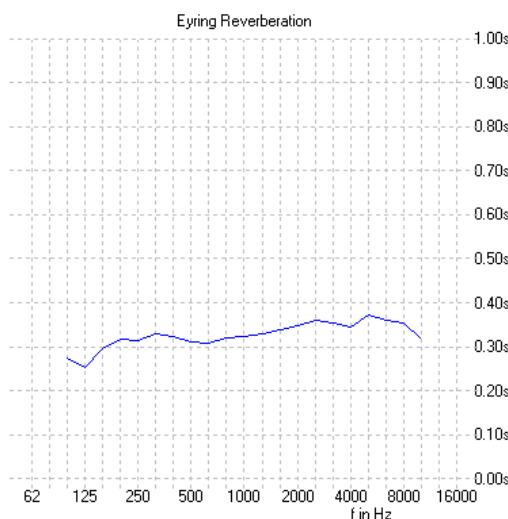


altavoz omnidireccional simulando un instrumento. Por eso hay que destacar que los resultados obtenidos de la simulación de la sala de control son más fiables que los obtenidos en la sala de grabación. En la sala de grabación es muy difícil hacer una simulación introduciendo una fuente sonora que permita obtener los resultados acústicos de la sala como si fuesen instrumentos acústicos o voces. Por eso los resultados de la sala de grabación son una aproximación de las características acústicas que tendría.

Los tiempos de reverberación de cada sala son los que se querían conseguir y observando las graficas son bastante lineales según la frecuencia.



TR sala de control



TR sala de grabación



9.1.4 Materiales electroacusticos

La elección del material electroacustico ha llevado bastante tiempo. No se pretendía adquirir el material más caro (que sería lo más fácil) si no que se pretendía buscar una relación calidad precio asequible.

Se ha tenido mucho cuidado en detallar todo el cableado y conectores que hacen falta, así como complementar el proyecto con una serie de planos indicativos de cómo irían conectados los diferentes aparatos y por donde pasaría el cableado. De este modo la instalación sería menos compleja.

Viendo el presupuesto se puede decir que no es exagerado, y que no asciende a una cifra muy grande teniendo en cuenta lo que cuestan este tipo de aparatos.

Como conclusión final se puede decir que el estudio de grabación realizado tiene unas características acústicas buenas, materiales profesionales y el precio que costaría llegar a hacerlo no es tan elevado.



9.2 LÍNEAS FUTURAS

Una posible línea futura sería el estudio de los coeficientes de absorción sonora de los materiales. Se propone esto ya que durante el proyecto se ha visto que los coeficientes de absorción sonora de una lista de materiales a otra varía considerablemente aunque indique el mismo material. A demás es muy difícil encontrar información sobre los coeficientes de absorción sonora.

Otra línea futura podría ser el estudio y comportamiento de los materiales electroacústicos similares. Es decir, comparar por ejemplo dos micrófonos o dos altavoces de similares características pero precios muy diferentes. Si merece de verdad la pena adquirir un material de 1000€ o de 3000€ con unas características similares.

En el campo de la acústica, una línea futura se podría enfocar a simular los diferentes diseños de salas de control y ver sus características acústicas de una manera más exhaustiva. Realizando incluso auralizaciones para escuchar las diferencias de unos diseños con otros.

Una última línea futura podría centrarse en la insonorización de una sala con otra. Se podría investigar con materiales que realizasen la misma absorción acústica y que no ocupasen tanto volumen. Se propone esto ya que para una buena insonorización hace falta colocar muchas capas de diversos materiales y al final estos restan volumen útil a la sala.



BIBLIOGRAFIA





BIBLIOGRAFIA

Libros

- 1- Antoni Carrión Isbert. *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. © Ediciones UPC, 1998.
- 2- Stanley R. Alten. *Audio in Media*. © Wadsworth Publishing Company, 1994.
- 3- F. Alton Everest. *The Master Handbook of Acoustics*. © McGraw-Hill, 2001.
- 4- Glen M. Ballou. *Handbook for sound engineers*. © Ed. Focal Press. 2002.
- 5- Carlos Larrondo. Apuntes de la asignatura *Laboratorio de acústica y sonorización*.

Links

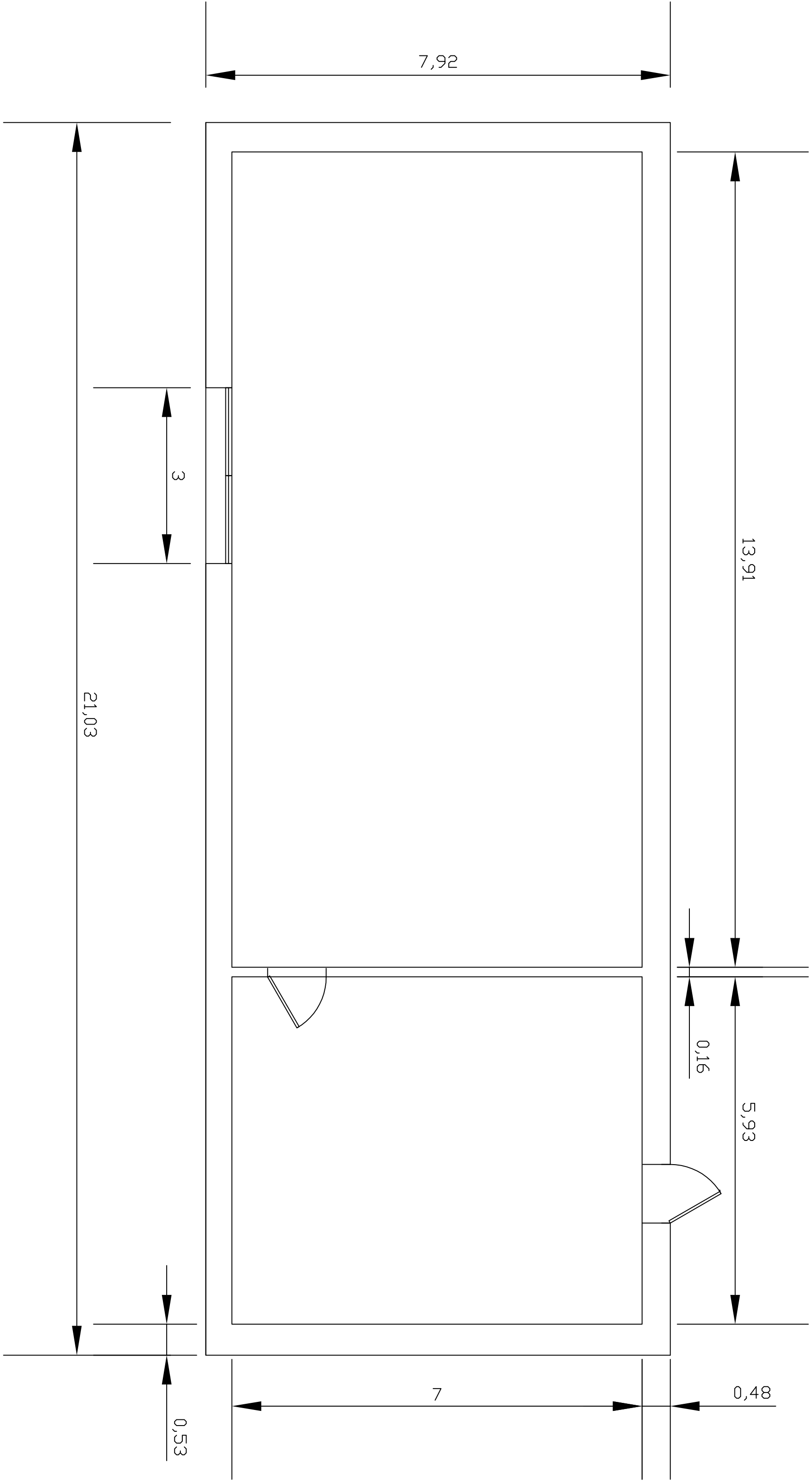
- 6- <http://www.auralex.com>
- 7- <http://www.acoustics101.com>
- 8- <http://www.sea-acustica.es>
- 9- <http://www.masacoustics.com>
- 10- <http://www.spickatto.com>
- 11- <http://www.alfasoni.com>
- 12- <http://www.musicstore.com>
- 13- <http://www.bricotodo.com>






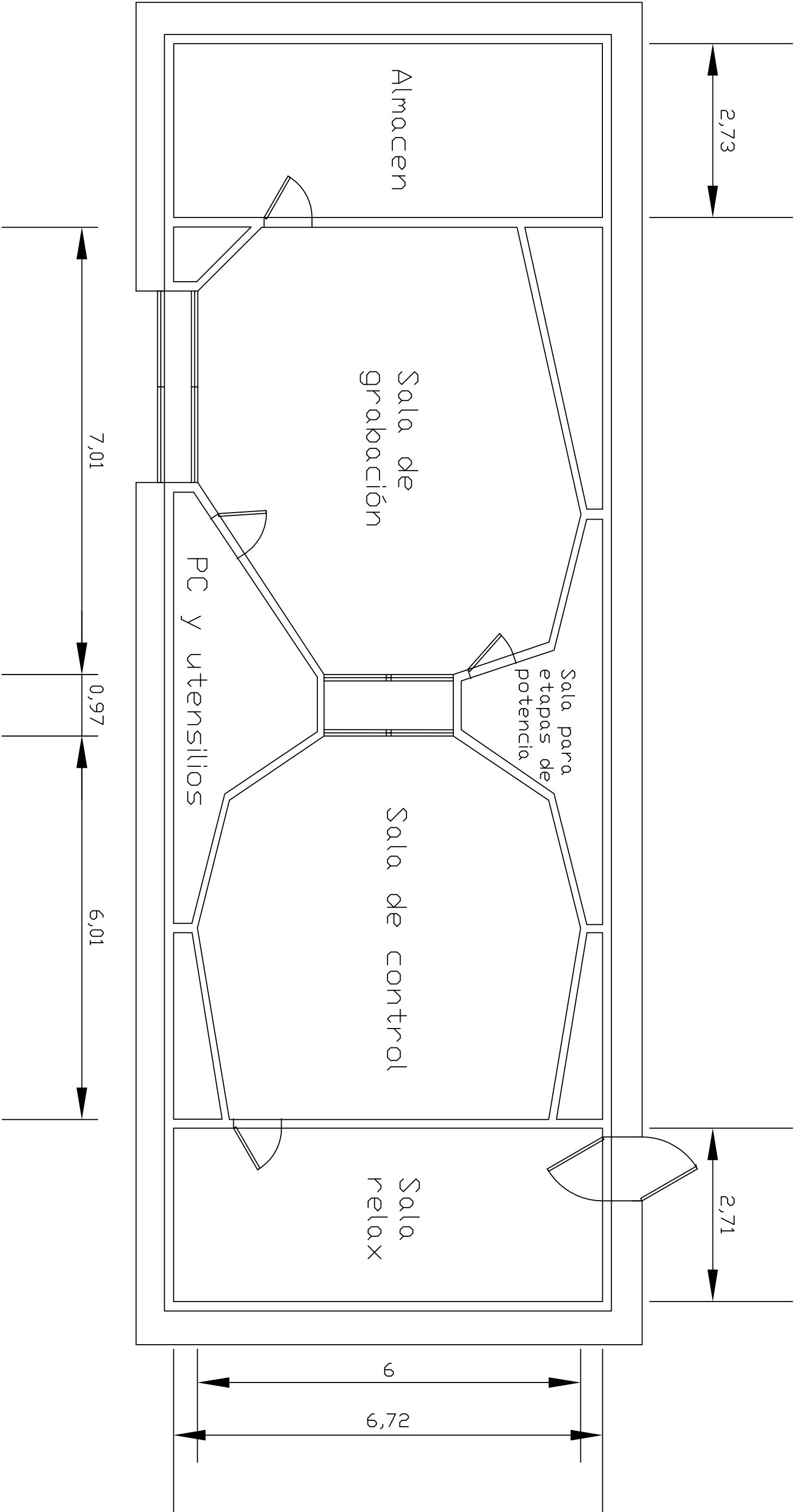



PLANOS

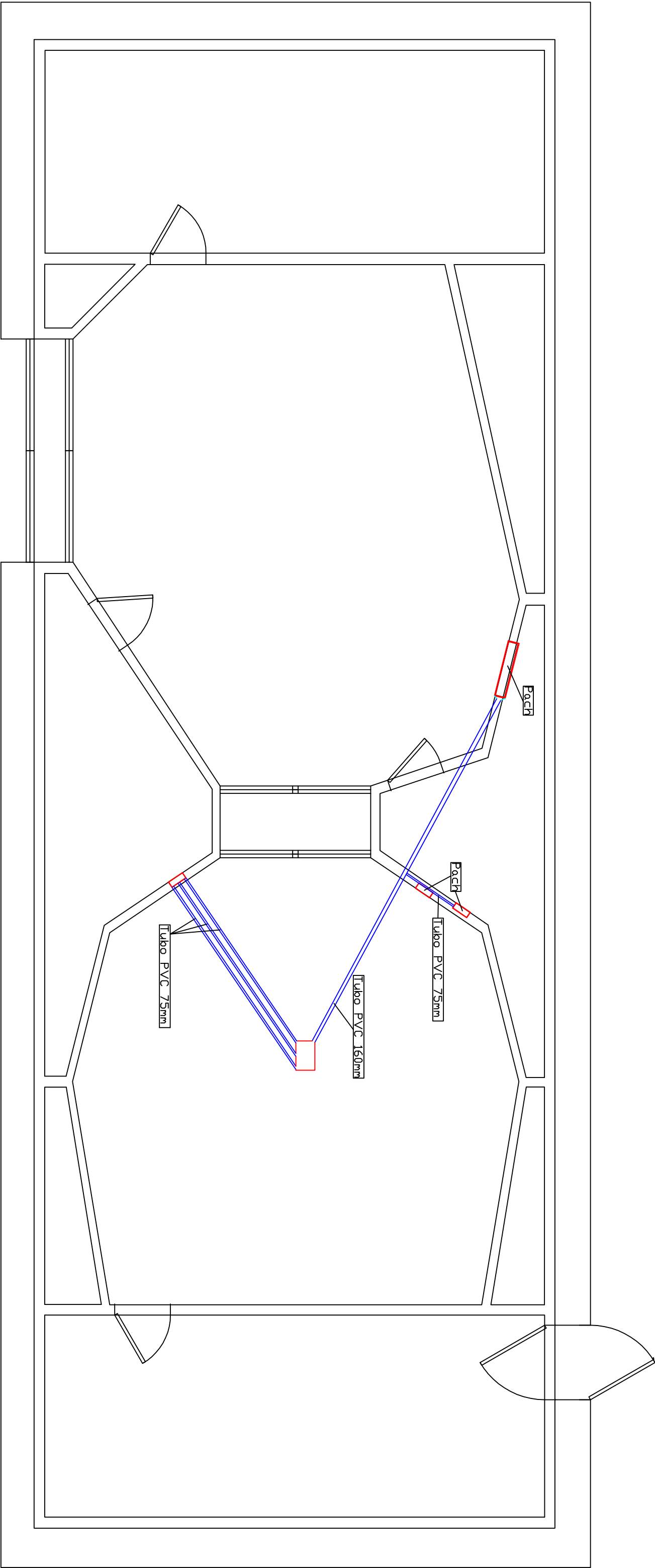





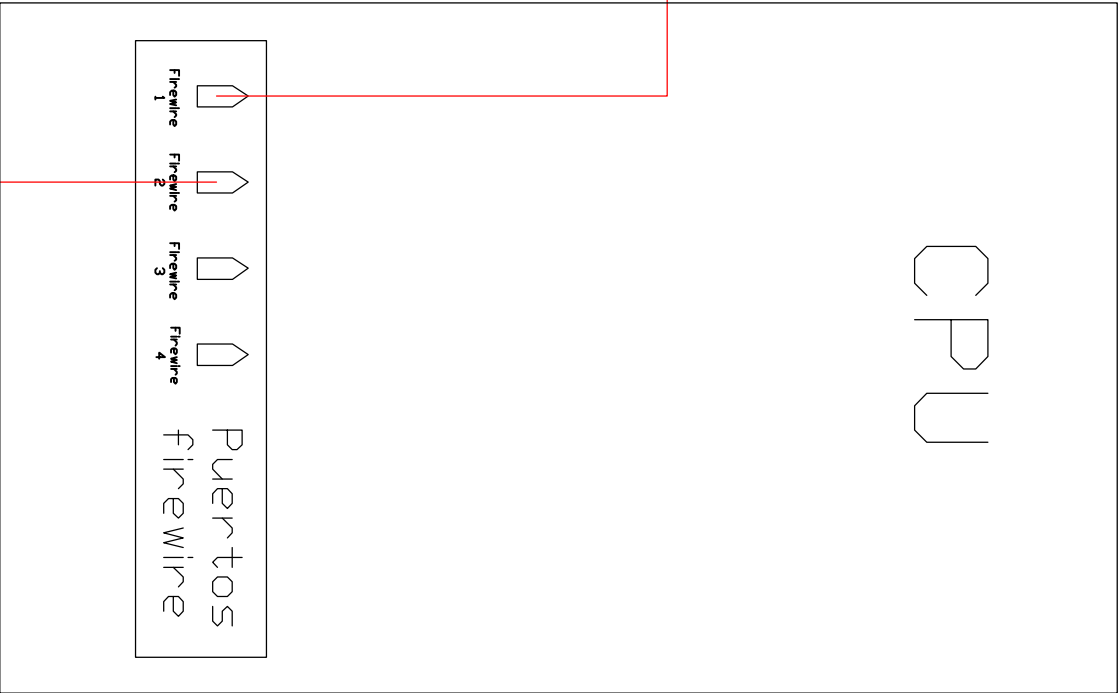
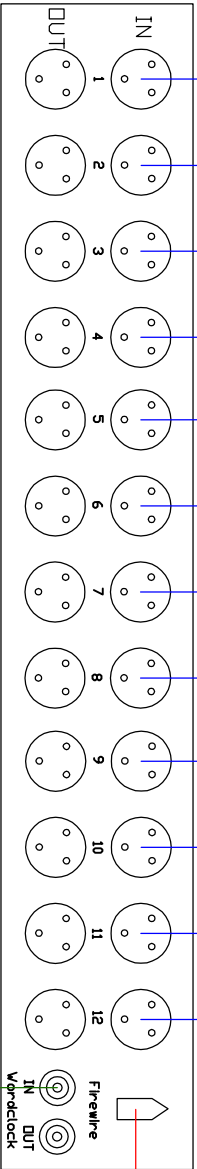
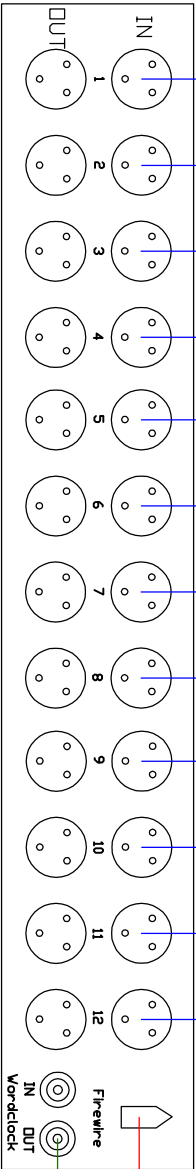
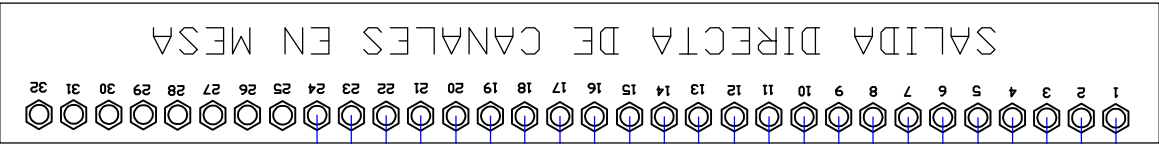
 <p> Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa </p>	E.T.S.I.I.T.		
	Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones		
PROYECTO: DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN			
REALIZADO: JORGE MARINELARENA <small> FIRMA: _____ Universidad Pública de Navarra Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación </small>			
PLANO: PLANTA DEL LOCAL	FECHA: 29/09/2010	Nº PLANO: 1	




<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones</div></div>		<div>REALIZADO: JORGE MARINELARENA</div>			
<div>PROYECTO: DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN</div>						<div>FIRMA:</div>	
<div>PLANO: DISTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO DE GRABACIÓN</div>		<div>FECHA: 29/09/2010</div>	<div>Nº PLANO: 2</div>				



<div><div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones</div></div></div>		REALIZADO: JORGE MARINELARENA
PROYECTO: DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN		
PLANO: DISTRIBUCION DEL TUBO PARA EL CABLEADO	FECHA: 29/09/2010	Nº PLANO: 3

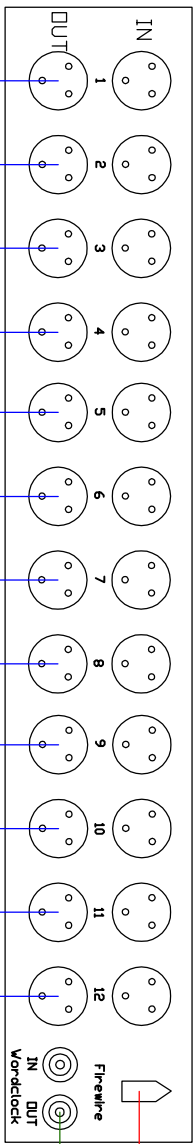


- CABLE TRS ESTEREO - XLR MACHO
- CABLE FIREWIRE 9 PIN - FIREWIRE 9 PIN
- CABLE BNC - BNC

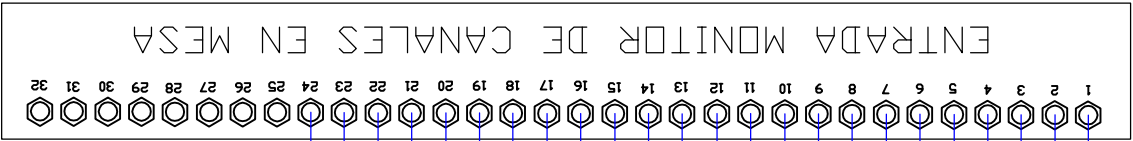
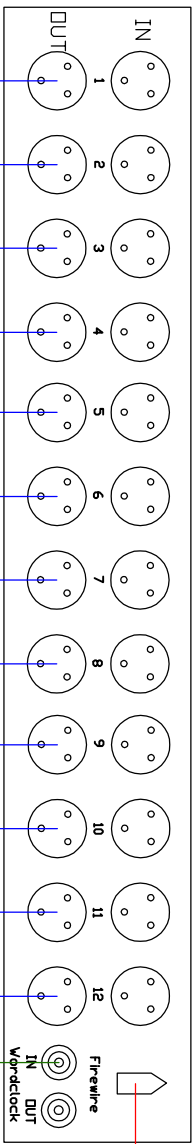
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		E.T.S.I.I.T. Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones	
PROYECTO: DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN		REALIZADO: JORGE MARINELARENA	
PLANO: CONEXIONADO DE MESA DE MEZCLAS CON TARJETAS DE SONIDO Y CPU	FECHA: 29/09/2010	Nº PLANO: 4	

CPU

TARJETA Nº1 MOTU HD 192



TARJETA Nº2 MOTU HD 192





Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

Ingeniero Técnico de
Telecomunicaciones

PROYECTO:

DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE
UN ESTUDIO DE GRABACIÓN

REALIZADO:

JORGE MARIÑELARENA

FIRMA:

PLANO:

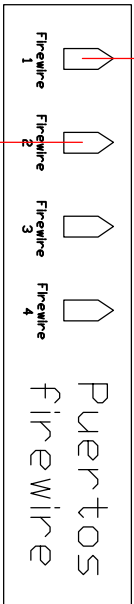
CONEXIONADO DE MESA DE MEZCLAS CON TARJETAS DE SONIDO Y CPU

FECHA:

29/09/2010

Nº PLANO:

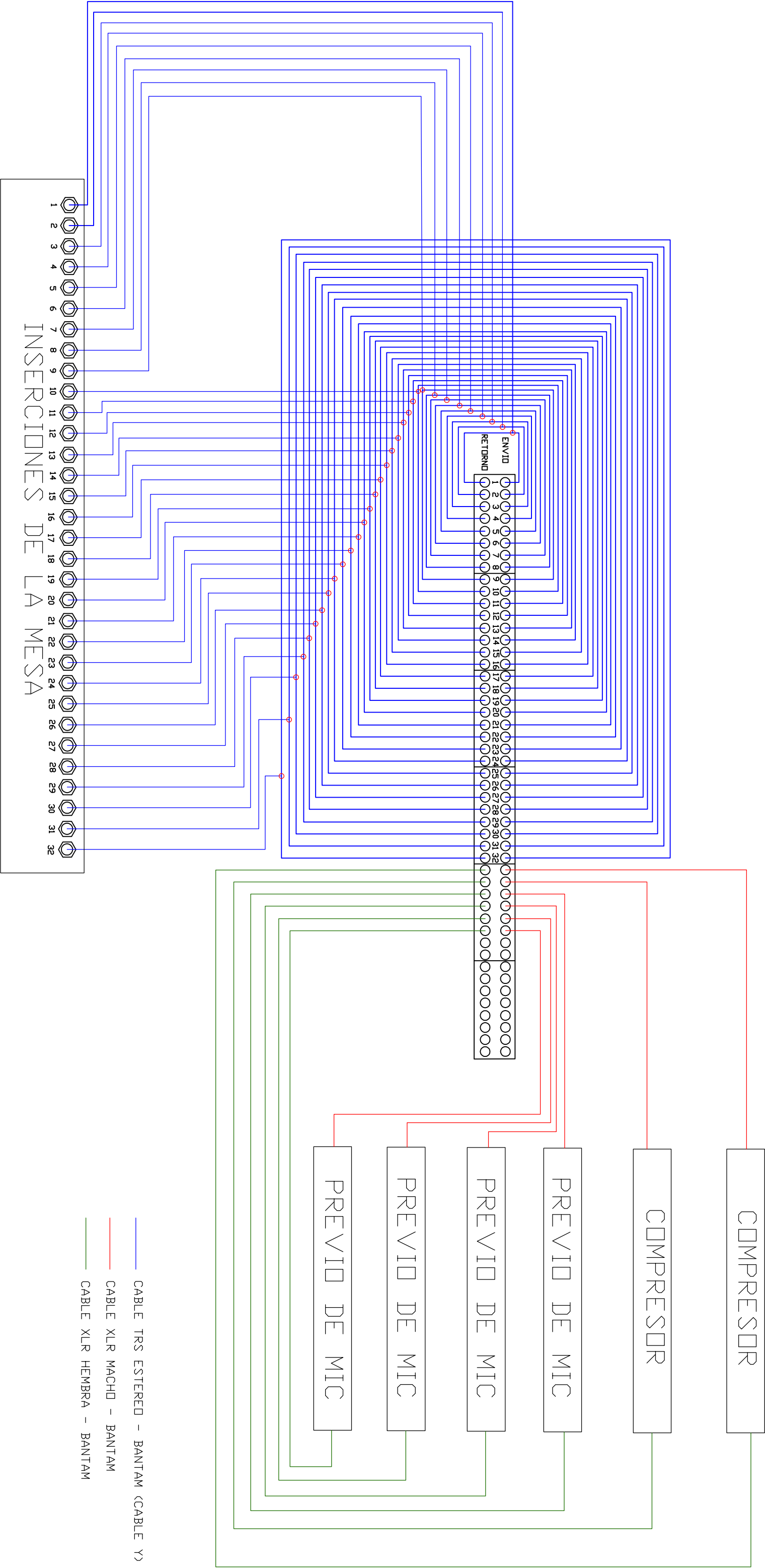
5



CABLE TRS ESTEREO - XLR HEMBRA

CABLE FIREWIRE 9 PIN - FIREWIRE 9 PIN

CABLE BNC - BNC



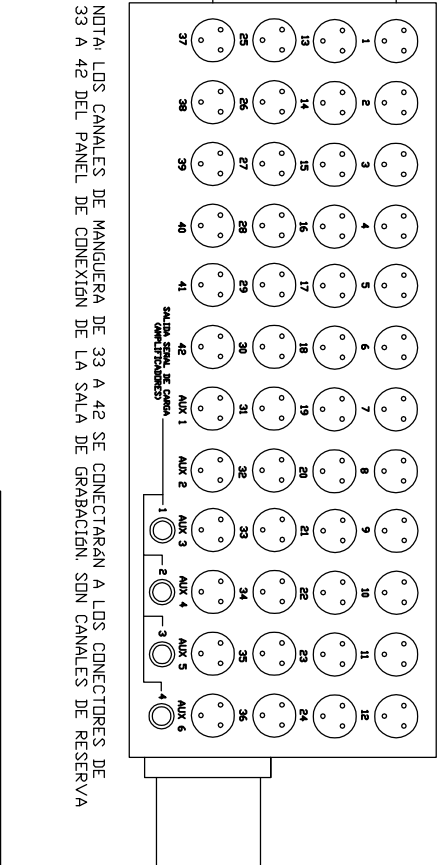
— CABLE TRS ESTEREO – BANTAM (CABLE Y)

— CABLE XLR MACHO – BANTAM

— CABLE XLR HEMBRA – BANTAM

<div><div><div><div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div><div><div>Universidad Pública de Navarra</div></div><div><div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div></div></div><div><div><div><div></div><div>E.T.S.I.I.T.</div></div><div><div>Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones</div></div></div></div></div></div>		REALIZADD: JORGE MARINELARENA	
PROYECTO: DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN		FIRMA:	
PLAND: PANEL DE CONEXIONES DE LA SALA DE GRABACIÓN		FECHA: 29/09/2010	Nº PLAND: 6

PANEL DE CONEXIÓN SALA GRABACIÓN



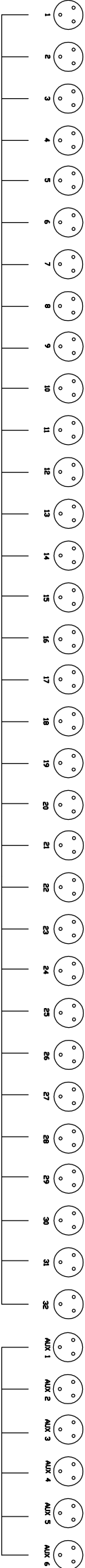
CANALES 1 A 32 DE
MANGUERA MUL TIPAR

CANALES 43 A 48 DE
MANGUERA MUL TIPAR

MANGUERA MUL TIPAR
48 PARES

4 X CABLE AUDIO
PARALELO PARA
SEÑAL DE CARGA

ENTRADAS MIC CANALES MESA DE MEZCLAS



SALIDAS AUXILIARES
MESA DE MEZCLAS

PANEL DE CONEXIÓN
SEÑAL DE CARGA
AMPLIFICADORES
SALA DE GRABACIÓN

ENTRADA SEÑAL DE CARGA





Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

Ingeniero Técnico de
Telecomunicaciones

PROYECTO:

**DISEÑO Y SIMULACIÓN ACÚSTICA DE
UN ESTUDIO DE GRABACIÓN**

REALIZADO:

JORGE MARIÑELARENA

FIRMA:

PLANO:

PANEL DE CONEXION DE LA SALA DE GRABACIÓN

FECHA:

29/09/2010

Nº PLANO:

7

Diseño y simulación acústica de un estudio de grabación

Autor: Jorge Mariñelarena Apezteguia

Tutor: Carlos Larrondo Guillén

Objetivo

- ▶ El objetivo del proyecto es realizar la simulación de construcción de un estudio de grabación.
- ▶ La simulación se realiza sobre un local real ya que en un futuro es posible que se llegue a construir.

Objetivo

- ▶ Estudio en profundidad de las etapas de construcción de un estudio de grabación.
- ▶ Familiarizarse con el software de simulación acústico EASE 4.1.
- ▶ Estudio de los parámetros más importantes que influyen en la acústica de un estudio de grabación.
- ▶ Seleccionar y ubicar materiales absorbentes y difusores para conseguir un tiempo de reverberación y grado de difusión adecuado en cada sala.
- ▶ Determinar y seleccionar los equipos necesarios para su implementación.
- ▶ Hacer un análisis económico para determinar el presupuesto necesario.

Elección del diseño de la sala de control

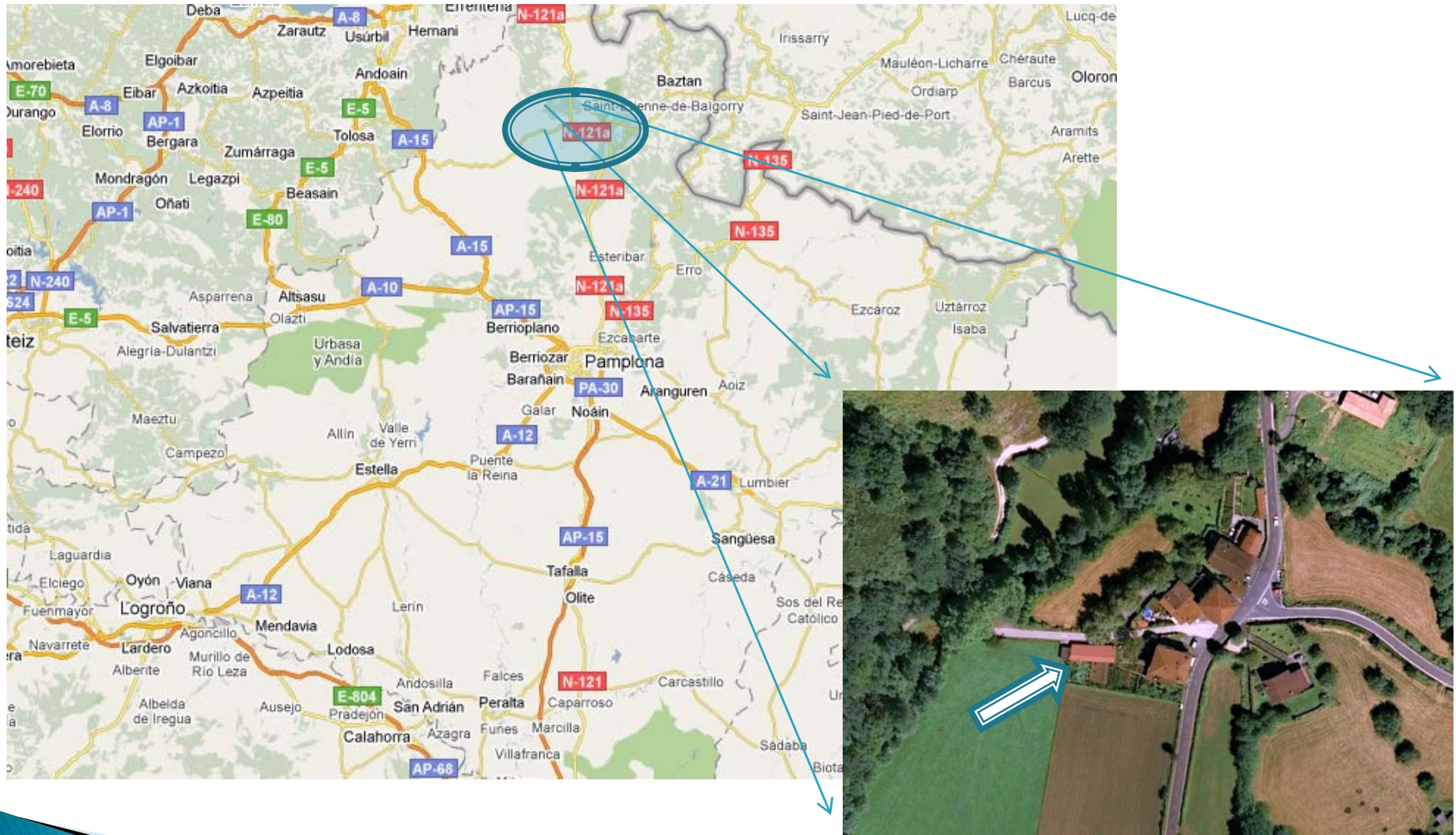
► Tipos de salas de control

- Sala LEDE
- Sala Non Environment
- Sala Rettinger
- Sala Híbrida
- Sala Jensen
- Sala Toyoshima
- Sala BBC

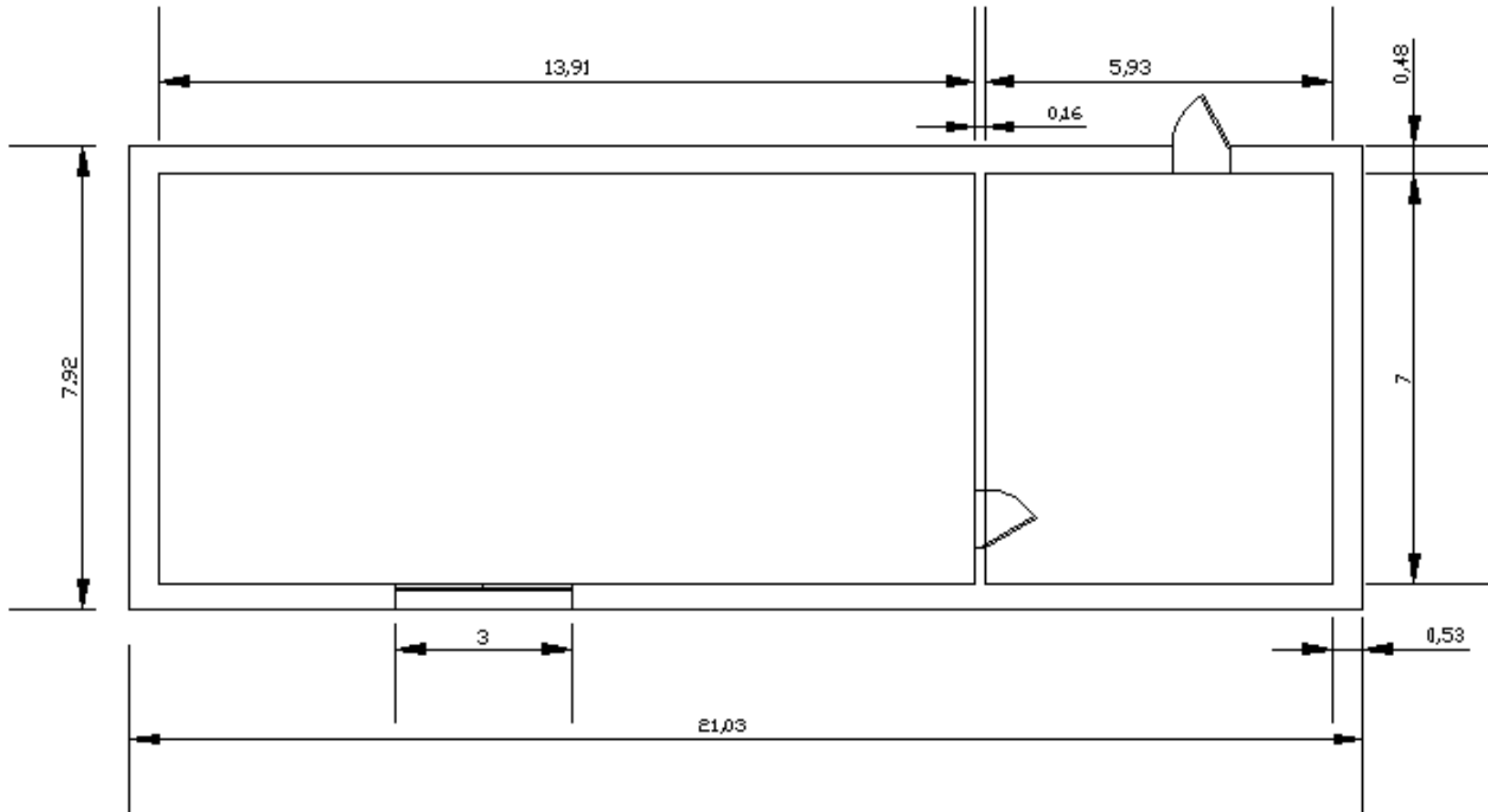
Elección del diseño de la sala de control

- El diseño Non Environment tiene muy poca base científica frente al diseño LEDE.
- En un diseño LEDE la escucha a lo largo de la sala es mas homogénea debido a la colocación de difusores.
- El diseño Non Environment consume mucho volumen de sala.
- Los resultados finales son mejores en un diseño LEDE ya que es una escucha más real.

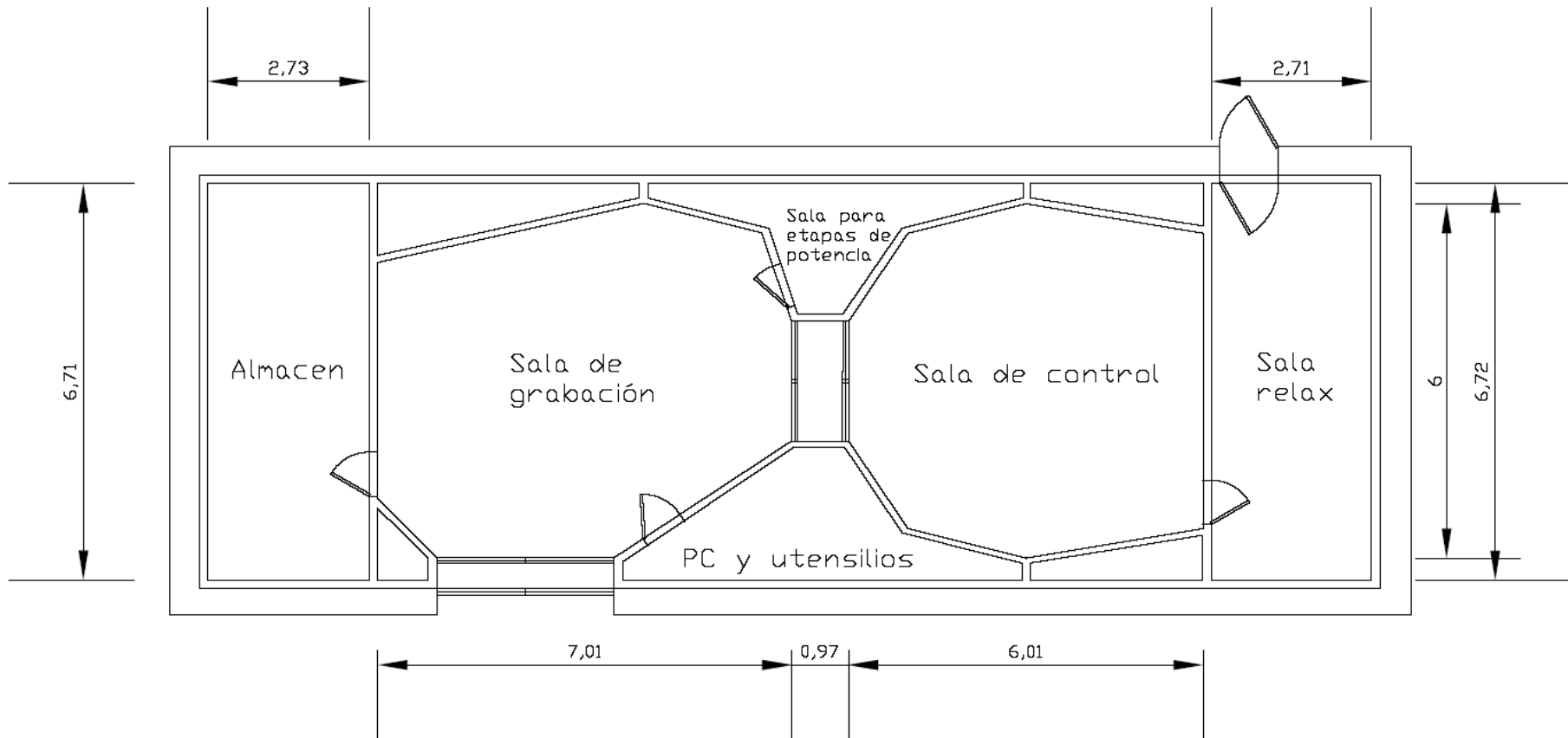
Presentación del local



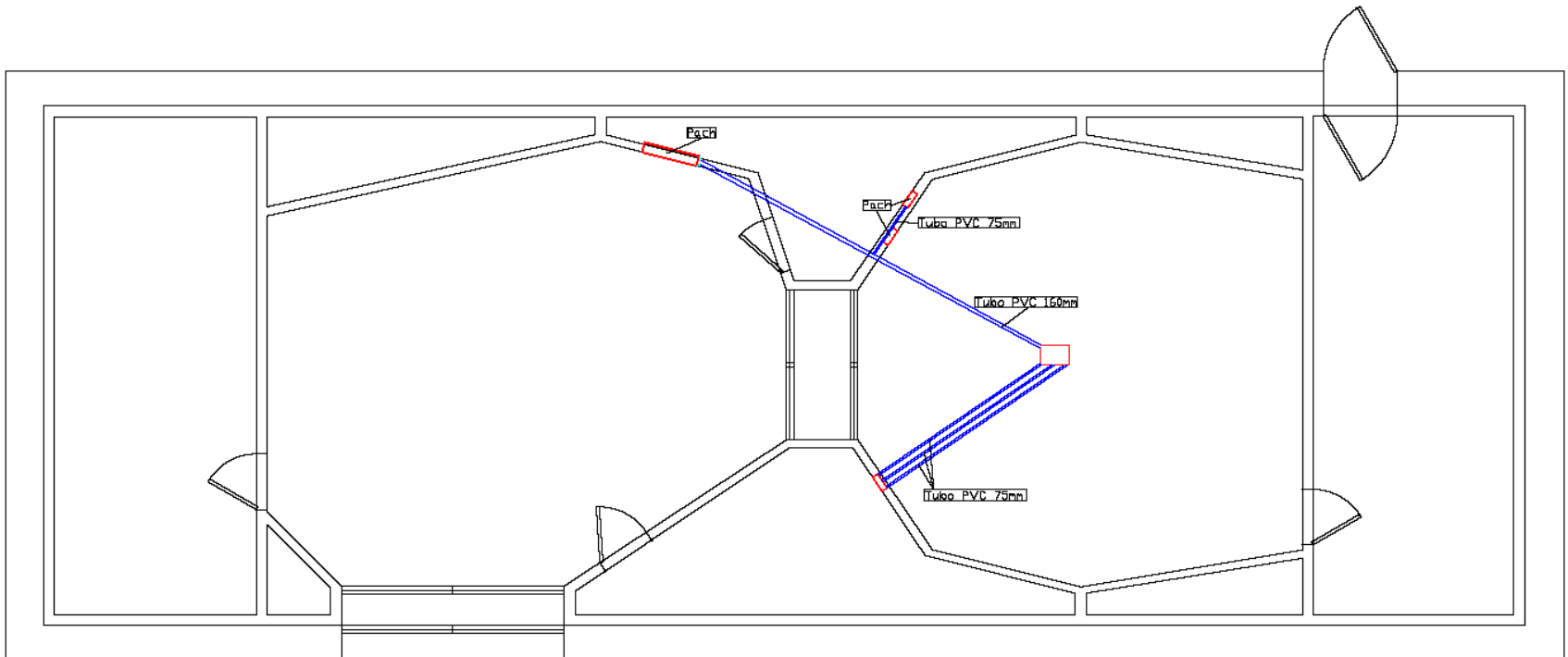
Presentación del local



Presentación del local

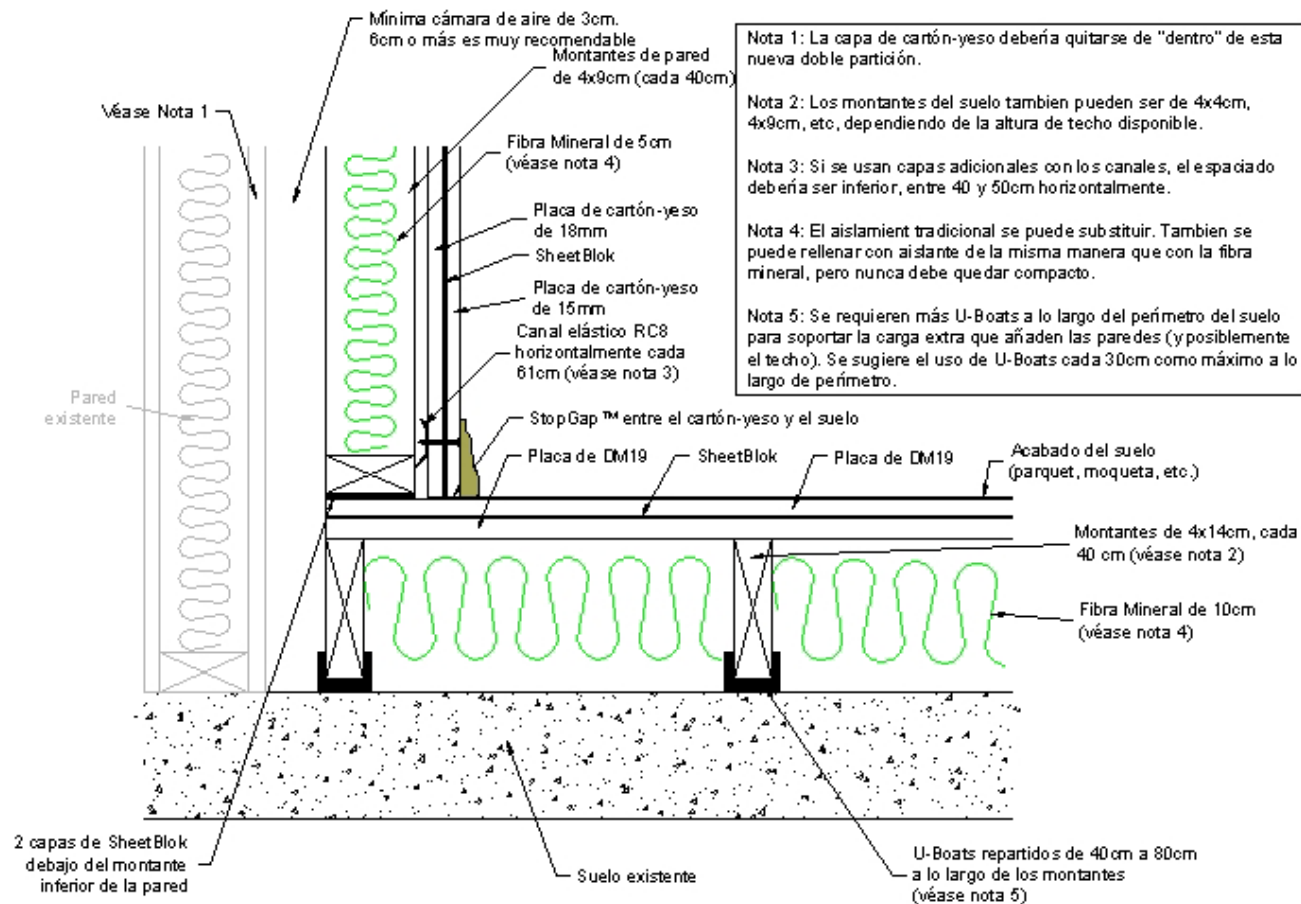


Presentación del local



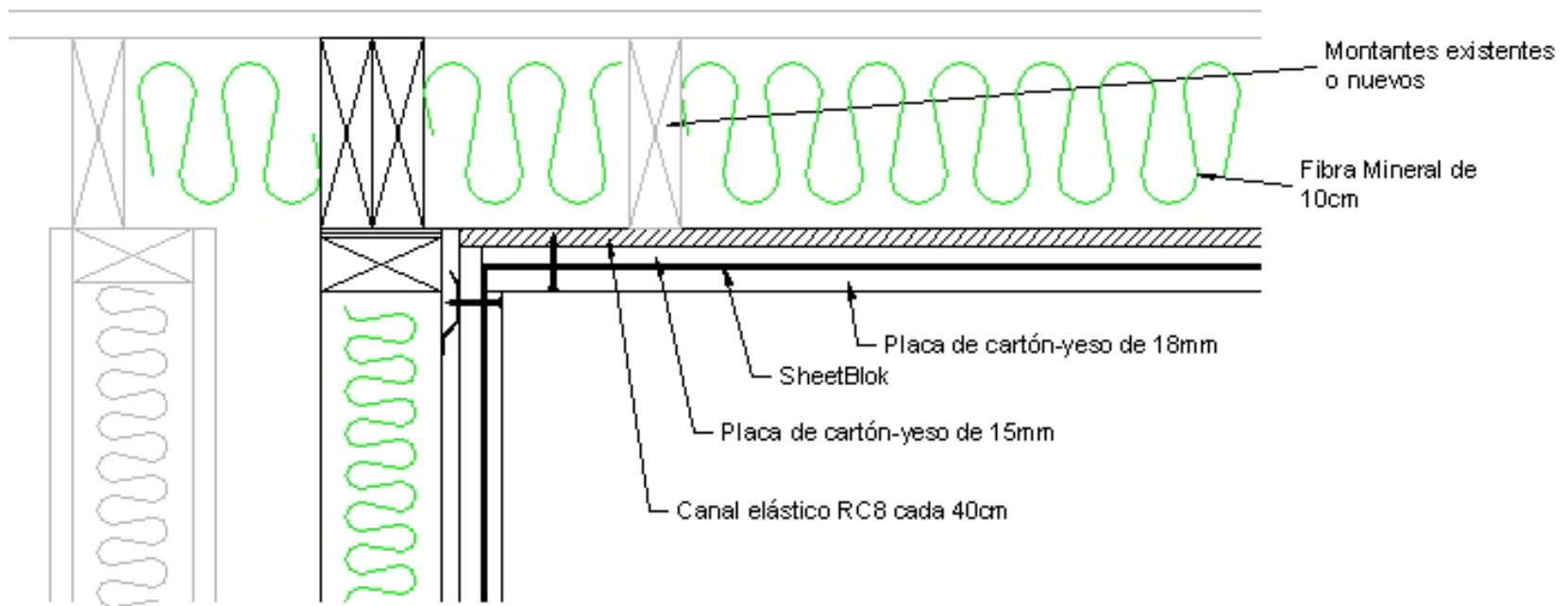
Aislamiento acústico

► Paredes y suelos



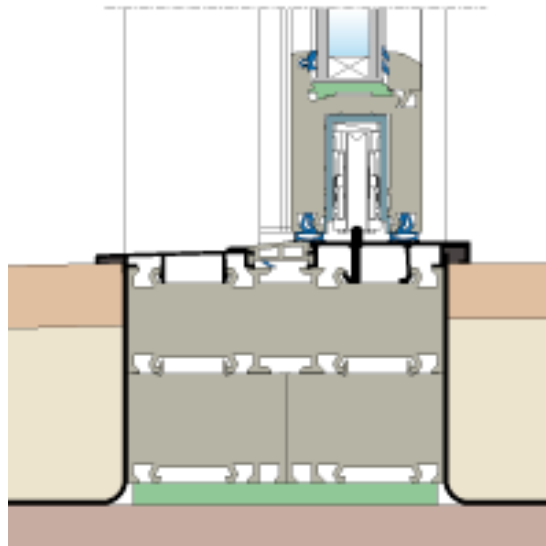
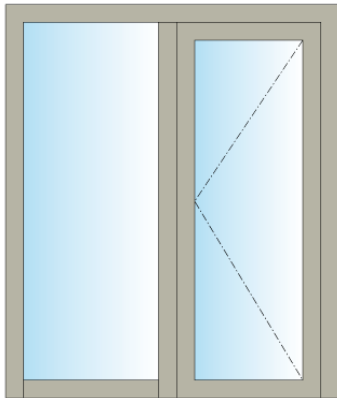
Aislamiento acústico

► Techos



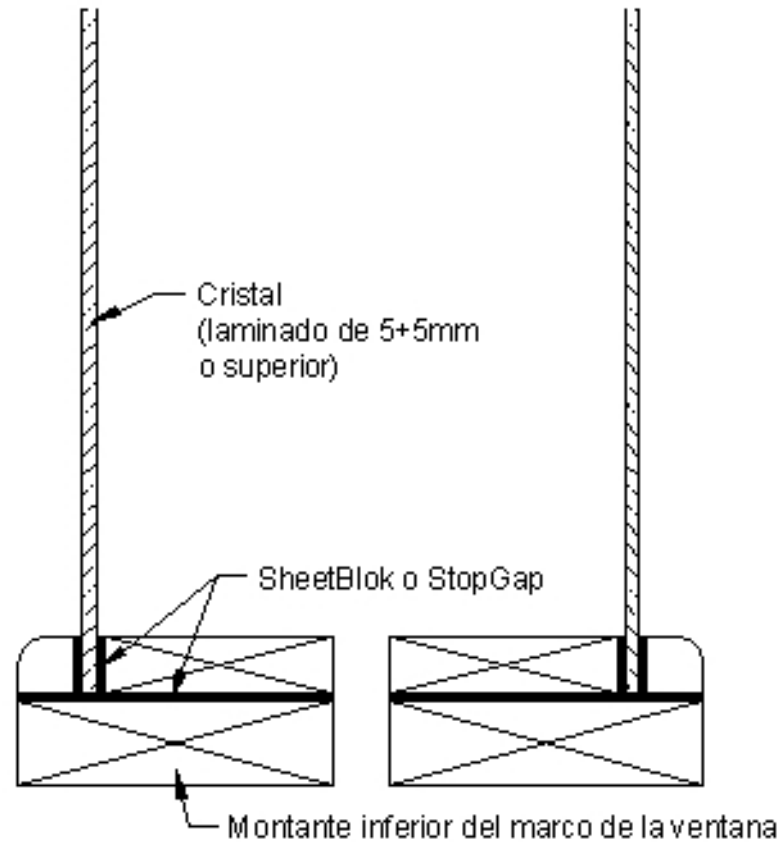
Aislamiento acústico

- ▶ Puertas correderas de PVC



Aislamiento acústico

▶ Ventana doble



Aislamiento acústico

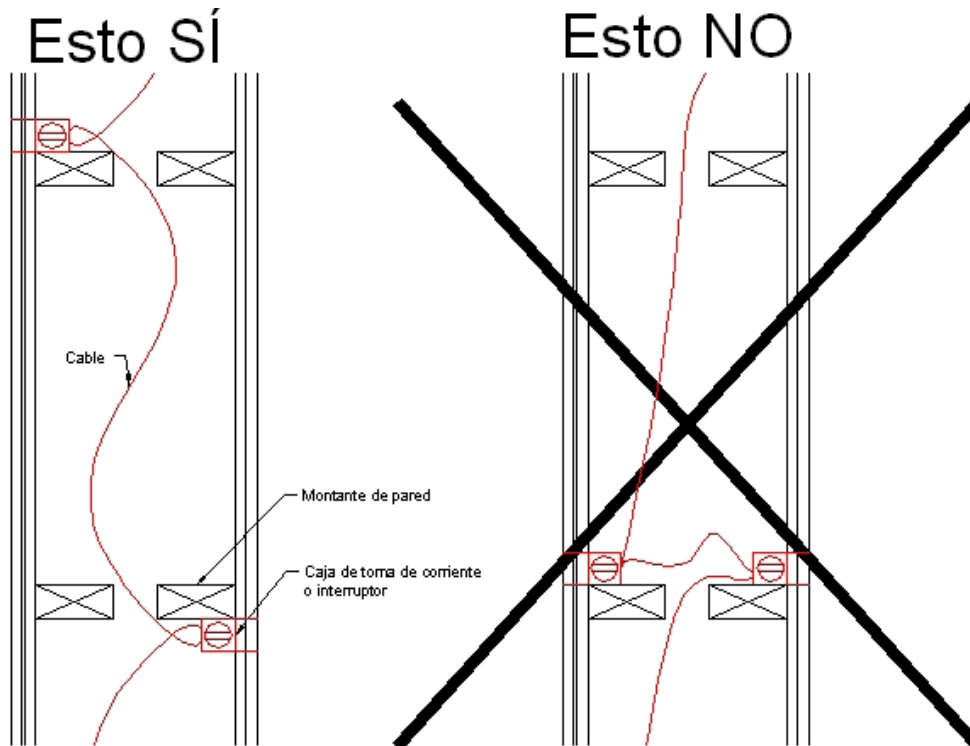
► Puertas



Las puertas tampoco deben tener contacto directo con las paredes y suelo de la sala por lo que también se utilizará “*SheetBlock*”.

Aislamiento acústico

► Más detalles



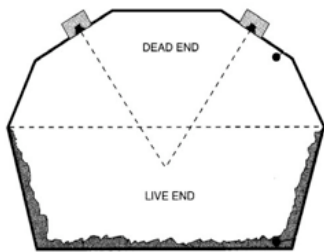
- La colocación de los enchufes se realizará de manera que no queden nunca uno enfrente de otro por el interior de la pared.

- Se sellará el marco del enchufe con espuma aislante.

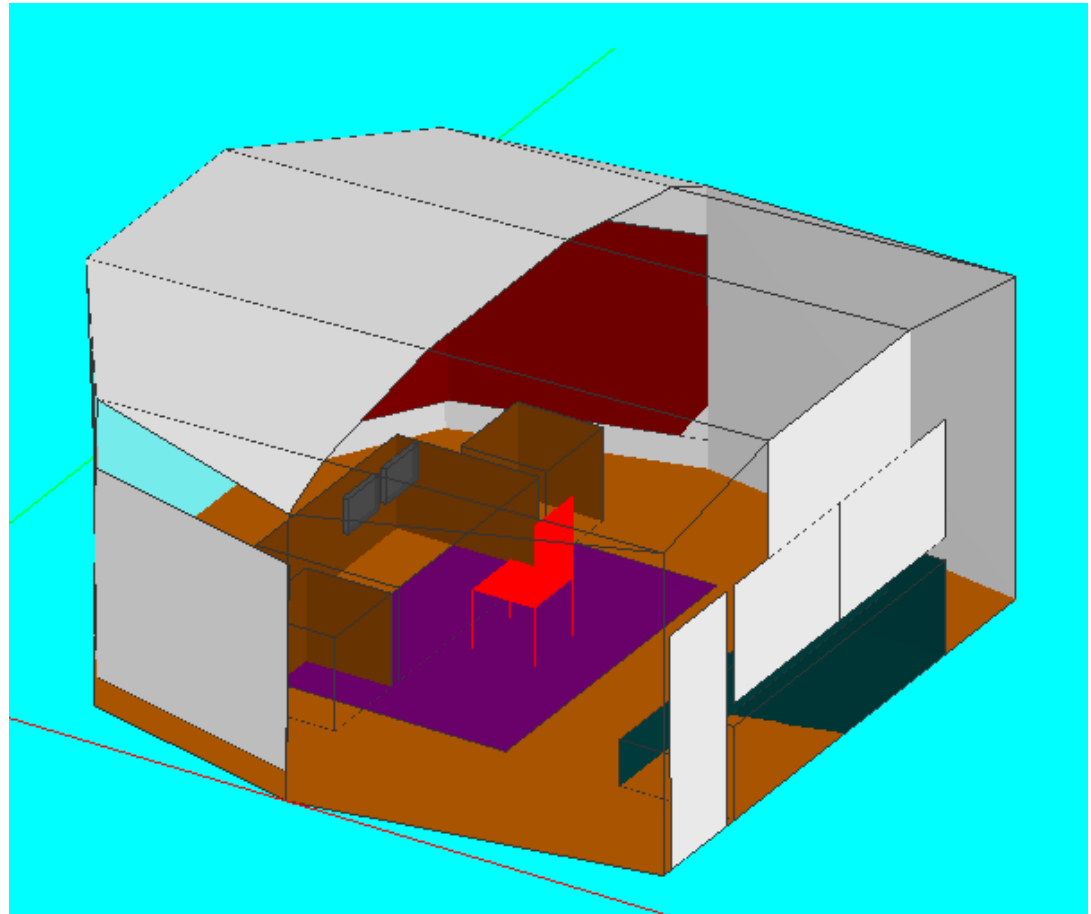
- Toda la instalación del cableado se realizará mediante tubos los cuales una vez introducido todo el cableado se sellarán por los dos lados con espuma aislante.

Acondicionamiento acústico

► Sala de control

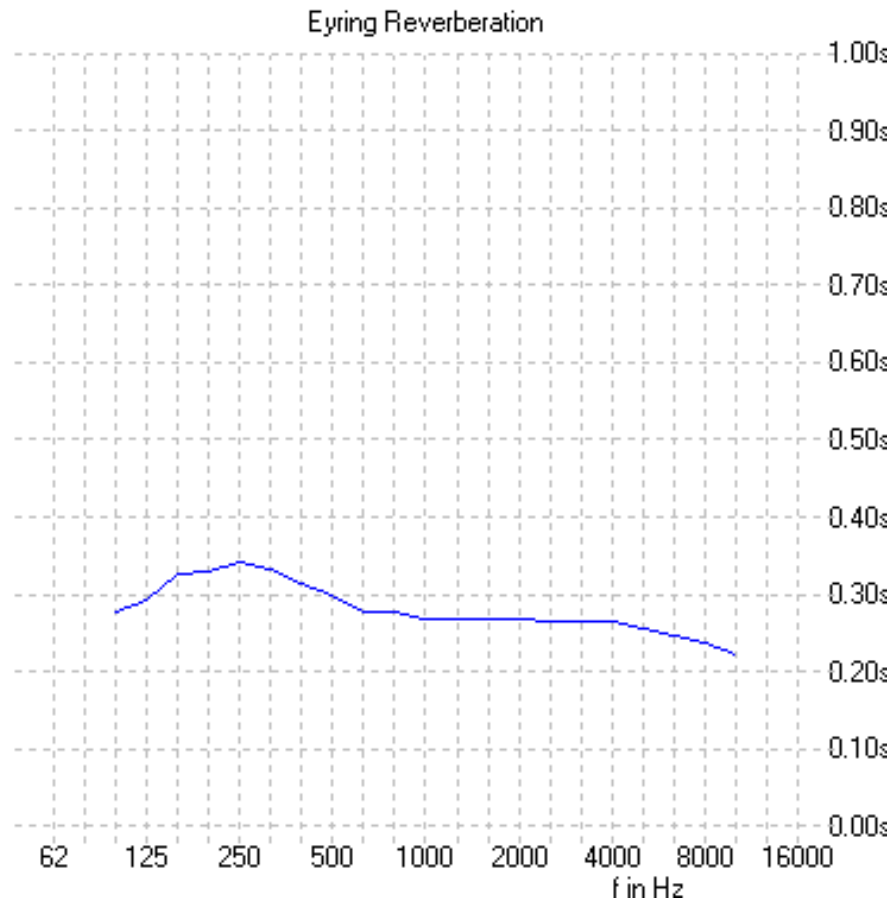


- Propanels B22 de Auralex
- Difusores RPG
- Alfombra de lana 3m x 2m
- Sofá



Acondicionamiento acústico

► TR sala de control

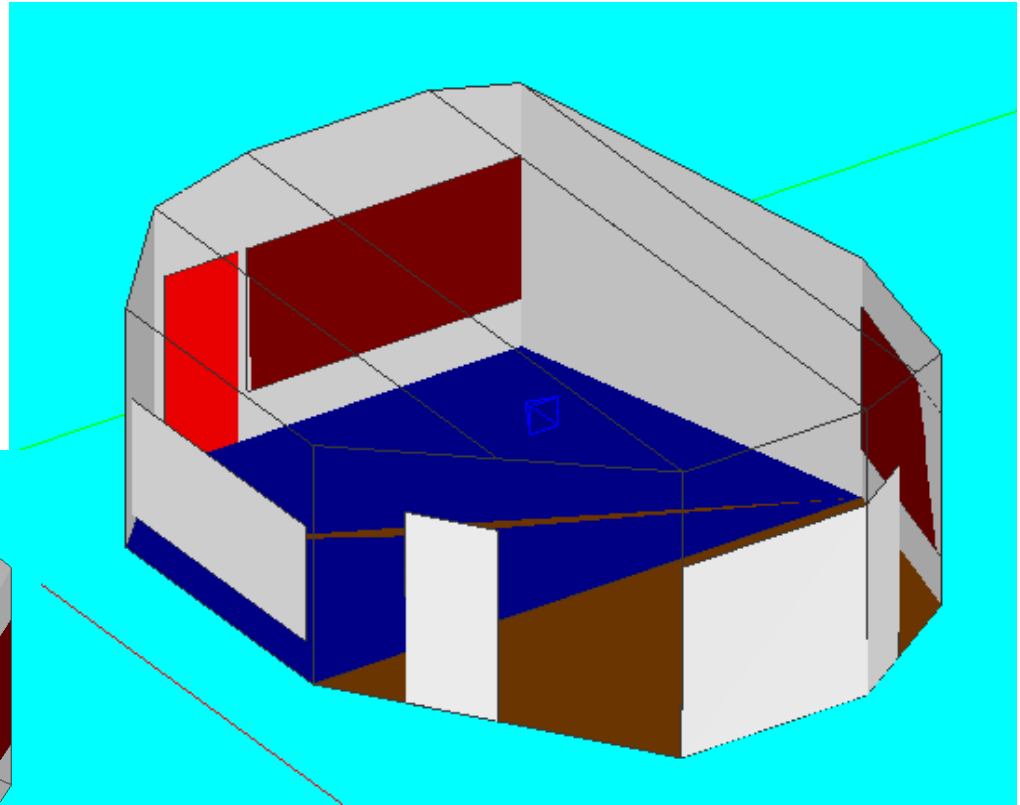
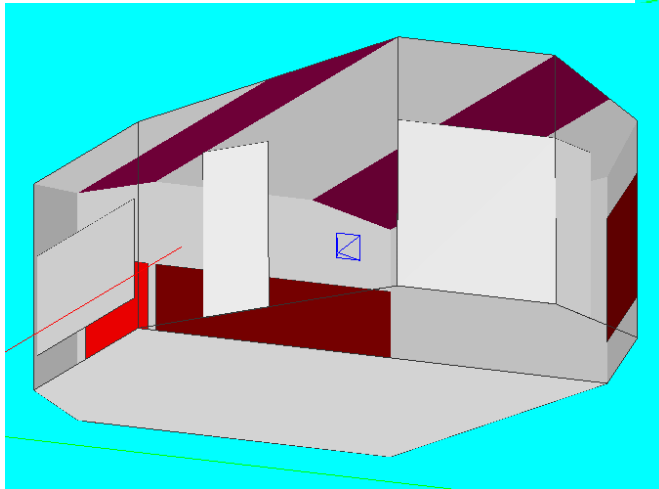


TIPO DE SALA	$RT_{méd}$: SALA OCUPADA (EN s)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Acondicionamiento acústico

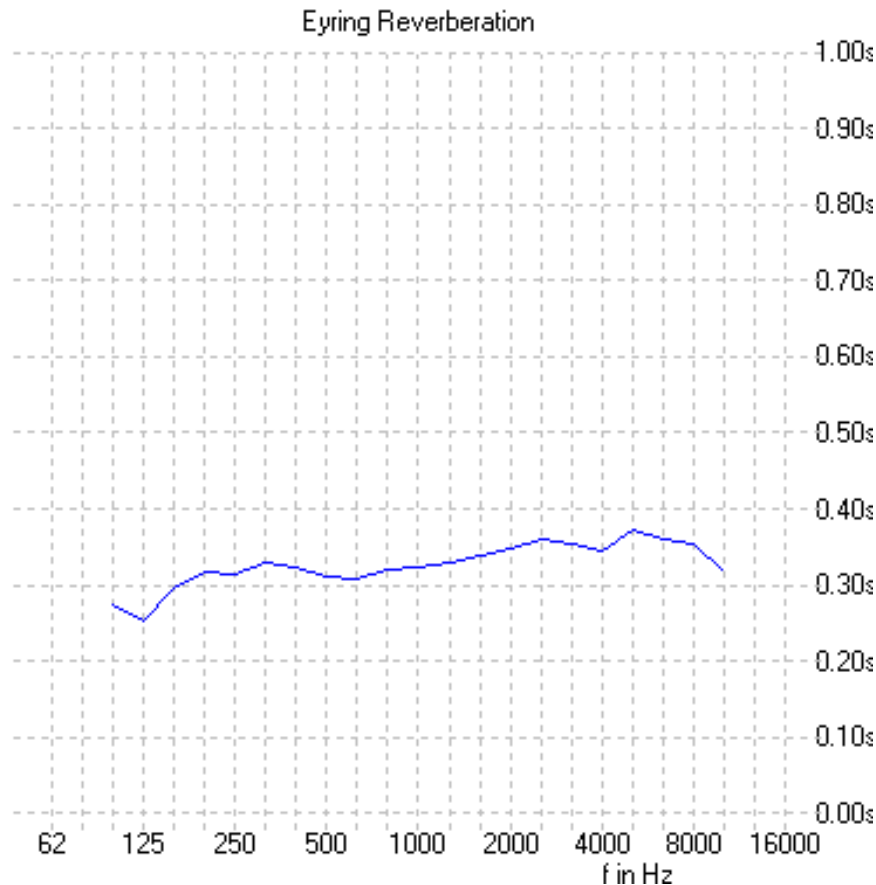
► Sala de grabación

- Sonosuede 2" de Auralex
- Moqueta



Acondicionamiento acústico

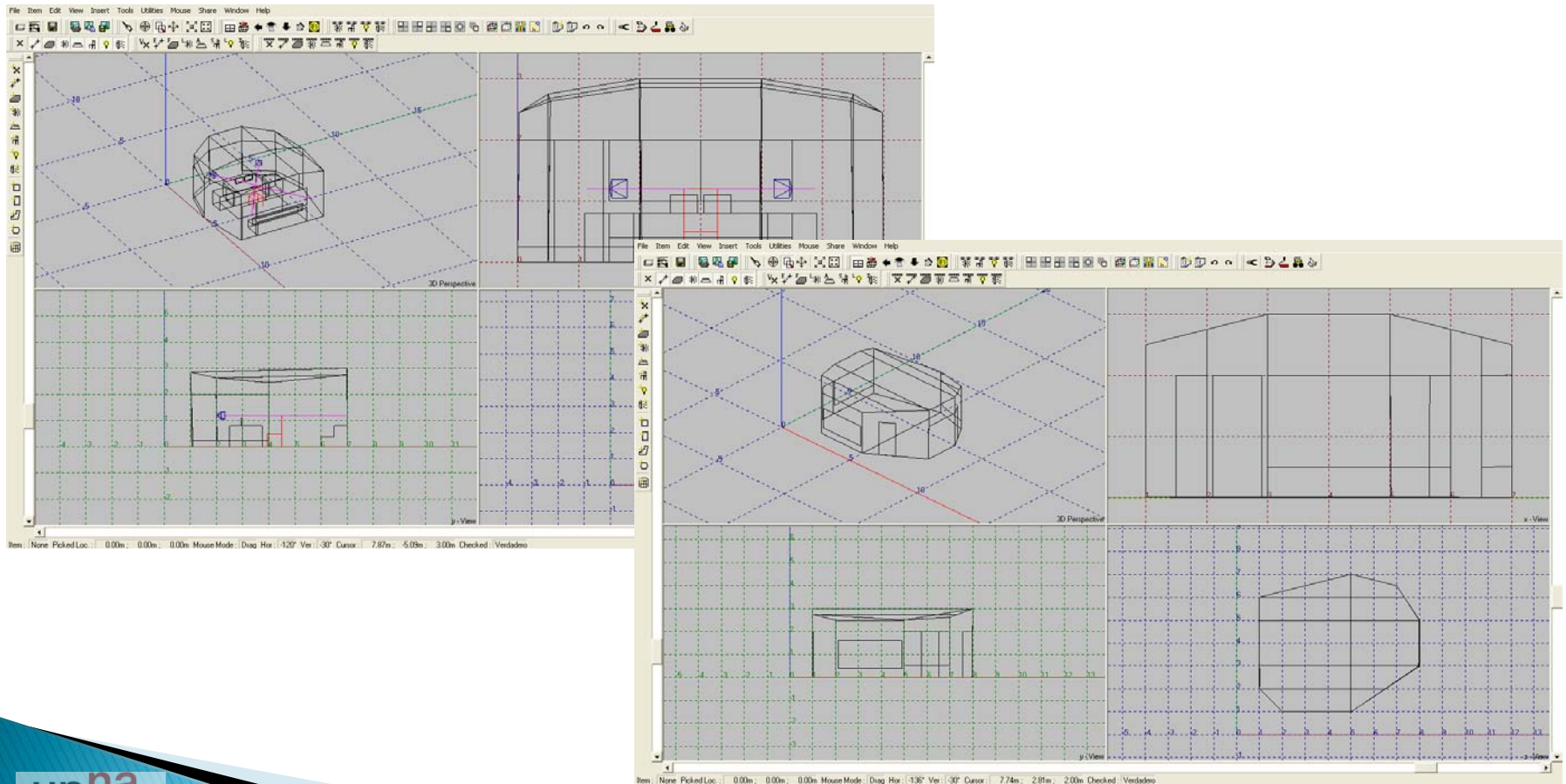
► TR sala de grabación



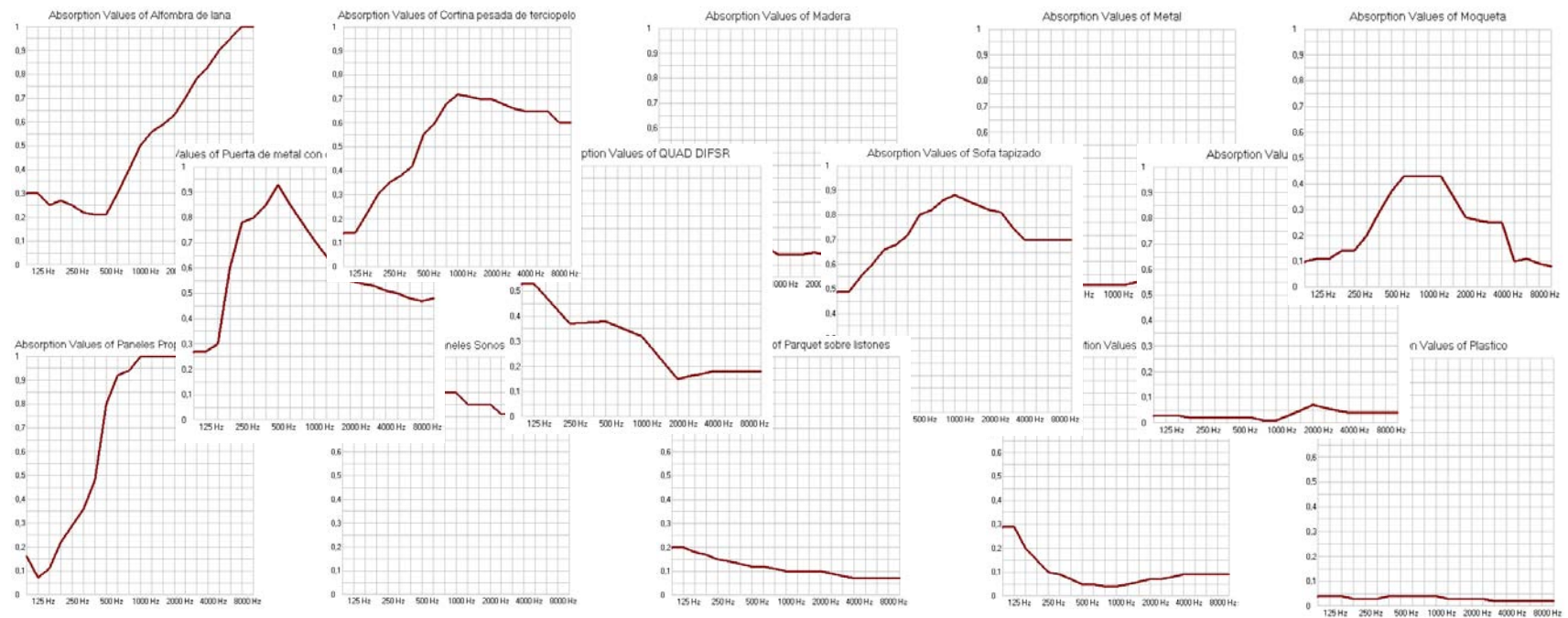
TIPO DE SALA	$RT_{méd}$: SALA OCUPADA (EN s)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Simulación

► Modelado de las salas

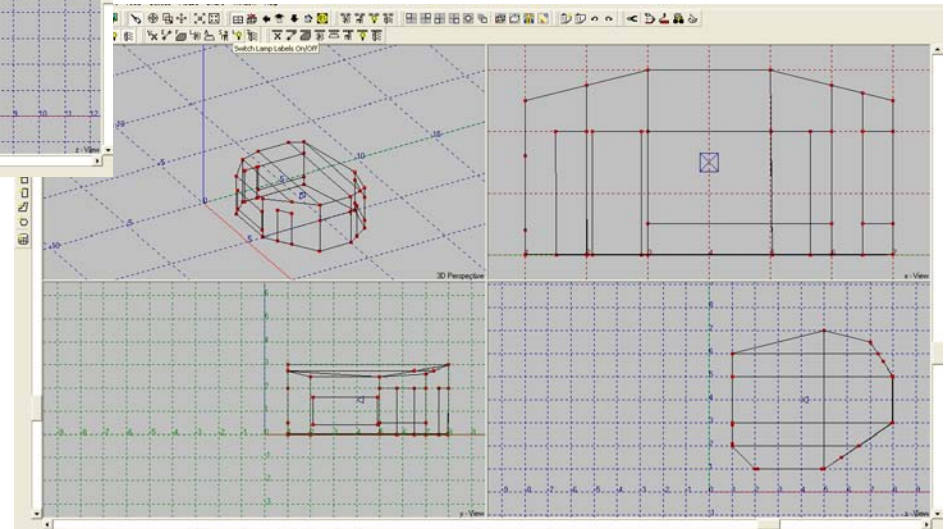
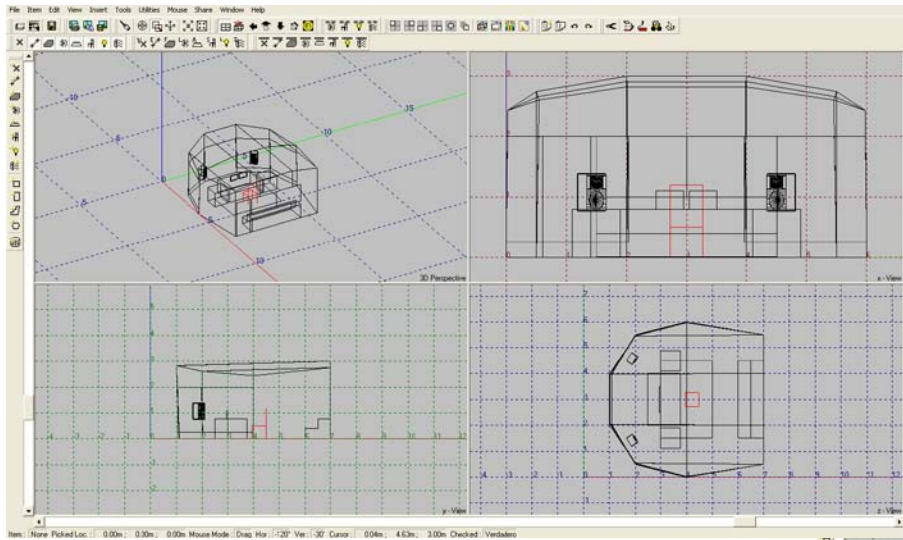


► Coeficientes de los materiales



Simulación

► Colocación de los altavoces



Simulación

- ▶ Sala de control
 - Simulación en las caras del diseño.
 - Simulación en la posición del ingeniero.
- ▶ Sala de grabación
 - Simulación en las caras del diseño.

Simulación sala de control

► Caras de la sala

- SPL directo: 68 dB ~ 74dB
- SPL total: 74dB ~ 76dB
- %ALCons: 2 ~ 4 (Muy bueno e ideal)
- STI/Rasti: 0.71 ~ 0.73 (Bien)
- ITD Gap: \simeq 0 ms (Bien)
- C50: 9 dB ~ 14 dB (Bien)
- C80: 16 dB ~ 19 dB (Bien)
- Relación D/R: Prácticamente iguales
- Tiempo de llegada: 1 ms ~ 20.3 ms

Simulación sala de control

► Posición del ingeniero

- SPL directo: 77.4 dB
- SPL total: 76.9 dB
- %ALCons: 3 (Muy bueno)
- STI/Rasti: 0.75 (Bien)
- ITD Gap: 0 ms (Bien)
- C50: 13.5 dB (Bien)
- C80: 20.4 dB (Bien)
- Relación D/R: 1.2 dB

Simulación sala de grabación

► Caras de la sala

- SPL directo: 77.5 dB ~ 84.5 dB
- SPL total: 85.5 dB ~ 86.5 dB
- %ALCons: 3 ~ 5 (Bien)
- STI/Rasti: 0.68 ~ 0.7 (Bien)
- C50: 7dB ~ 10dB (Bien)
- C80: 14dB ~ 16dB (Bien)
- Relación D/R: -0.9 dB

Material electroacústico/informático

Micrófonos

AKG 451
AKG C3000
AKG D112
Shure sm 58
Shure sm 57
Sennheiser e604
Sennheiser 421
Yamaha subkick
Neuman u87
Caja de inyección Bss

Soportes de micrófono

Soporte tipo jirafa pequeño K&M
Soporte tipo jirafa normal K&M
Soporte tipo jirafa grande K&M
Soporte micrófono para bombo K&M

Conectores

XLR macho aéreo Neutrik
XLR hembra aéreo Neutrik
XLR macho base Neutrik
XLR hembra base Neutrik
Jack balanceado 6.3mm macho aéreo Neutrik
Jack balanceado 6.3mm hembra base Neutrik
Bantam macho aéreo Neutrik

Cableado de audio

Audio balanceado blindado Proel
Audio carga paralelo Proel
Bantam- Bantam (latiguillo)
Audio manguera multipar 32 Proel

Resto material electroacústico

Monitores de estudio JBL LSR 32
Amplificador Fame A 400II
Tarjeta de sonido MOTU HD 192
Panel de conexión Neutrik
Mesa de mezclas TL Audio VTC
Auriculares SONY 7506
Amplificador de auriculares Presonus HP60

PC

CPU: CORE i7 870/ASUS P7P55D-E
PRO/RAM 4GB DDR3/HDD 1 TB SATA3 6 Gbps/GTS250-ATI5850
Monitor HP LCD panorámico de 22 pulgadas
Teclado HP USB con lector de smart card
Raton HP óptico con rueda

Cableado informático

USB macho-hembra 10m
VGA 10m
HDMI 10m
Firewire 10m

Presupuestos

- ▶ Partida 1: Obra
- ▶ Partida 2: Acondicionamiento acústico
- ▶ Partida 3: Material electroacústico
- ▶ Partida 4: Material informático
- ▶ Partida 5: Mobiliario

Presupuestos

Partida 1: Aislamiento acústico

<u>Concepto</u>	<u>Unidades o superficie</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Sheet block	880 m ²	Rollo de 1m x 5m: 69,82€	12.288,32 €
U-boats (50 uni)	1.200 un.	2.14 €	2.568€
Fibra mineral de 10cm de espesor	880 m ²	12 €/m ²	10.560 €
Placa de DM19	140 m ²	12.60 €/m ²	1.764 €
Montantes de 4x14x200cm (suelo)	180 un.	5.52 €	993,6 €
Montantes de 4x9x200cm (pared y techo)	250 un.	4.27 €	1.067,5 €
StopGap	50 un	5.04 €	252 €
Canal elástico RC8	Se utilizará los montantes de pladur que realizan la misma función y son más económicos		
Total aislamiento acústico			29.493,42 €

Presupuestos

Partida 1: Pladur y pintura

<u>Concepto</u>	<u>Superficie</u>	<u>Precio m²</u>	<u>Total</u>
Pladur	725 m ²	15 €	10.875 €
Pintura	725 m ²	9 €	6.525 €
Total pladur y pintura			17.400 €

Partida 1: Puertas y ventanas

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Puerta acústica sin visor 80x200cm	5	1.135€	5.675€
Ventana doble de PVC	1	945€	945€
Puertas correderas de PVC	2	1.050€	2.100€
Total puertas y ventanas			8.720 €

Presupuestos

Partida 1: Tarima

<u>Concepto</u>	<u>Superficie</u>	<u>Precio m²</u>	<u>Total</u>
Euro Home Modern	140 m ²	24,50 €	3.430 €
Total tarima			3.430 €

TOTAL PARTIDA 1 : 59.043,42 €

Presupuestos

Partida 2: Acondicionamiento acústico

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio caja</u>	<u>Total</u>
Paneles B22 (61cmx61cm) caja de 12 paneles	5	899,59 €	4.497,95 €
Paneles Sonofloat (61x61) caja de 8 paneles	5	160,63 €	803,15 €
Difusores (60x60) 2 por caja	3	655,87€	1.967,61 €
Paneles Studiofoam 12 paneles por caja Panel de 122 cm x	2	302,58 €	605,16 €
Total acondicionamiento acústico			7.873,87 €

TOTAL PARTIDA 2 : **7.873,87 €**

Presupuestos

Partida 3: Micrófonos

<u>Micrófono</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
AKG 451	2	311 €	622 €
AKG C3000	2	184,20 €	368,40 €
AKG D112	2	144 €	288 €
Shure sm 58	5	110 €	550 €
Shure sm 57	5	110 €	550 €
Sennheiser e604	6	103 €	618 €
Sennheiser 421	4	279 €	1.116 €
Yamaha subkick	2	339 €	678 €
Neuman u87	2	2.237 €	4.474 €
Caja de inyección Bss	6	111 €	666 €
Total micrófonos			9.930,40 €

Presupuestos

Partida 3: Cableado de audio

<u>Tipo de cable</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Audio balanceado blindado Proel	8 bobinas de 100m	66 €	528 €
Audio carga paralelo Proel	1 bobina de 100m	88 €	88 €
Bantam- Bantam (latiguillo)	50 latiguillos	11,29 €	564,50 €
Audio manguera multipar 48 Proel	30 m	47 €/m	1.410 €
Total			2.590,50 €

Partida 3: Soportes de micrófono

<u>Tipo de soporte</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Soporte tipo jirafa pequeño K&M	4	38 €	152 €
Soporte tipo jirafa normal K&M	4	39 €	156 €
Soporte tipo jirafa grande K&M	4	155 €	620 €
Soporte micrófono para bombo K&M	2	37 €	74 €
Total			1002 €

Presupuestos

Partida 3: Conectores de audio

Tipo de conector	Unidades	Precio unidad	Total
XLR macho aéreo Neutrik	150	2,02 €	303 €
XLR hembra aéreo Neutrik	100	2,38 €	238 €
XLR macho base Neutrik	20	2,42 €	48,40€
XLR hembra base Neutrik	50	2,63 €	131,50 €
Jack balanceado 6.3mm macho aéreo Neutrik	100	1,97 €	197 €
Jack balanceado 6.3mm hembra base Neutrik	10	3,63 €	36,30 €
Bantam macho aéreo Neutrik	100	8,81 €	881 €
TOTAL			1.835,20 €

Presupuestos

Partida 3: Resto del material electroacustico

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Monitores de estudio JBL LSR 32	2	1.780,25 €	3.560,50 €
Amplificador Fame A 400II	1	147,35€	147,35€
Tarjeta de sonido MOTU HD 192	2	1.369 €	2.738 €
Panel de conexión Neutrik	1	925,10 €	925,10 €
Mesa de mezclas TL Audio VTC	1	27.289,20 €	27.289,20 €
Auriculares SONY 7506	4	129€	516 €
Amplificador de auriculares Presonus HP60	1	234 €	234 €
Total			35.259,80 €

TOTAL PARTIDA 3 : 50.617,90 €

Presupuestos

Partida 4: Ordenador

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
CPU: CORE i7 870/ASUS P7P55D-E PRO/RAM 4GB DDR3/HDD 1 TB SATA3 6 Gbps/GTS250- ATI5850	1	1.948,6 €	1.948,6 €
Monitor HP LCD panorámico de 22 pulgadas	2	161,5 €	323 €
Teclado HP USB con lector de smart card	1	37,12 €	37,12 €
Raton HP óptico con rueda	1	13,44 €	13,44 €
Total			2.322,16 €

Presupuestos

Partida 4: Cableado informático

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
USB Macho-hembra 10m	6	12,95 €	77,7 €
VGA 10m	4	16,10€	64,40€
HDMI 10m	2	13€	26€
Firewire 10m	8	25,51€	204,08€
TOTAL			372,18€

TOTAL PARTIDA 4 : **2.694,34 €**

Presupuestos

Partida 5: Mobiliario

<u>Concepto</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio unidad</u>	<u>Total</u>
Sofá 4 plazas	1	844 €	844 €
Alfombra de lana (3m x 2m)	1	309 €	309 €
<u>Silla Art. BERLIN-G-SF giratorio, cromado, semi-piel negra</u>	1	89 €	89 €
Total			1.242 €

TOTAL PARTIDA 5 : **1.242 €**

Presupuestos

Partida 1: OBRA	59.043,42 €
Partida 2: ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO	7.873,87 €
Partida 3: MATERIAL ELECTROACUSTICO	50.617,90 €
Partida 4: MATEIAL INFORMATICO	2.694,34 €
Partida 5: MOBILIARIO	1.242,00 €

TOTAL PRESUPUESTO: 121.471,53 €

Conclusiones finales

Objetivo principal

- ▶ El objetivo de este proyecto era diseñar y simular acústicamente un estudio de grabación en un local real. Observando los resultados se pudo decir que el objetivo del proyecto está cumplido.

Aprendizaje

- ▶ Se ha profundizado en conocimientos de acústica.
- ▶ Se ha investigado mucho sobre los equipos electroacústicos que hay hoy en día en los estudios de grabación profesionales como micrófonos, altavoces, tarjetas de sonido, mesas de mezclas, etc.
- ▶ Se ha adquirido habilidad y destreza para utilizar el programa EASE 4.1 y se llega a la conclusión de que un ligero cambio en los materiales puede afectar mucho a las características acústicas de las salas.

Conclusiones finales

Distribución del estudio

- ▶ Se ha conseguido distribuir y optimizar el espacio disponible del local en todas las salas que se querían construir. Todas las salas han quedado bien situadas, con buena accesibilidad y con un volumen optimo para su uso.

Sala de control y de grabación

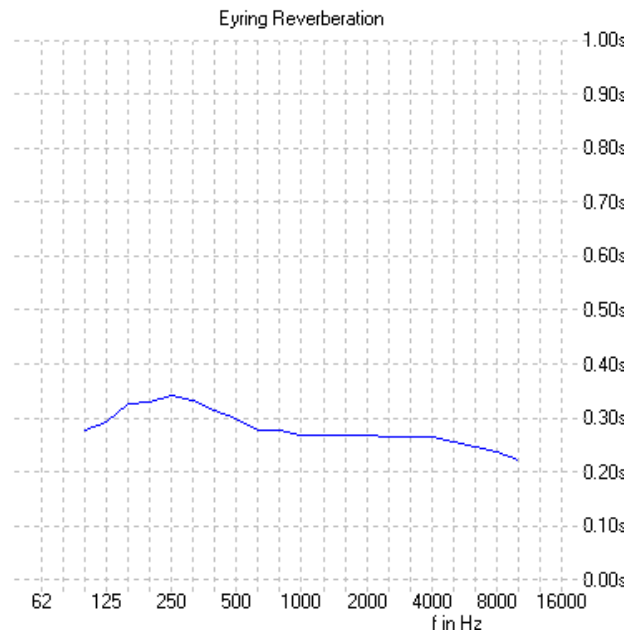
- ▶ La elección del diseño de la sala de control ha sido el diseño LEDE. Gracias a la acústica de este diseño las mezclas de audio, realizadas en él, no varían mucho para una escucha domestica.
- ▶ Los resultados obtenidos en la simulación acústica de las dos salas son muy buenos. Todos los valores se encuentran en rangos óptimos por lo que se puede llegar a decir que la acústica de las salas son buenas.
- ▶ Destacar que los resultados obtenidos de la simulación de la sala de control son más fiables que los obtenidos en la sala de grabación.

Conclusiones finales

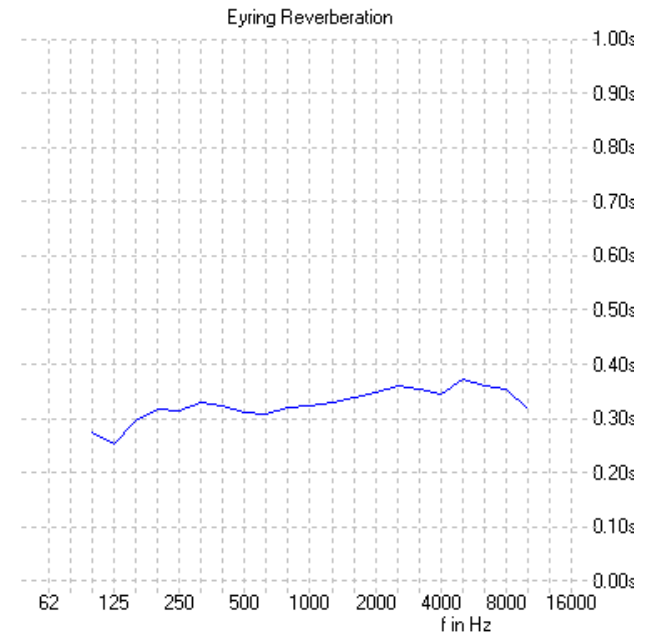
Sala de control y de grabación

- Los tiempos de reverberación de cada sala son los que se querían conseguir y observando las graficas son bastante lineales según la frecuencia.

TR sala de control



TR sala de grabación



Líneas futuras

- ▶ Estudio de los coeficientes de absorción sonoro de los materiales.
- ▶ Estudio y comportamiento de los materiales electroacústicos similares.
- ▶ Simular los diferentes diseños de salas de control y ver sus características acústicas de una manera más exhaustiva. Realizando incluso auralizaciones para escuchar las diferencias de unos diseños con otros.
- ▶ En la insonorización de una sala con otra, se podría investigar con materiales que realizasen la misma absorción acústica y que no ocupasen tanto volumen.

Diseño y simulación acústica de un estudio de grabación

Autor: Jorge Mariñelarena Apezteguia

Tutor: Carlos Larrondo Guillén